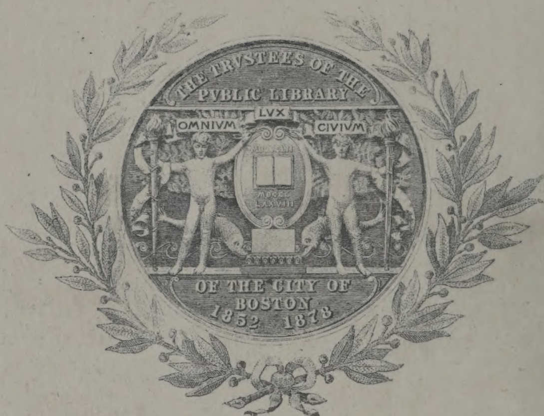




No. 3843.16
THE TRVSTEES OF THE
PVBLIC LIBRARY
LVX
OMNIVM
CIVIVM
OF THE CITY OF
BOSTON
1852 1878

LES ARBRES

ET LES

PEUPLEMENTS FORESTIERS

FORMATION DE LEUR VOLUME ET DE LEUR VALEUR

D'APRÈS LES TRAVAUX RÉCENTS DES STATIONS DE RECHERCHES FORESTIÈRES ALLEMANDES

PAR

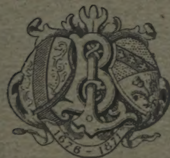
G. HUFFEL

INSPECTEUR-ADJOINT DES FORÊTS

CHARGÉ DE COURS A L'ÉCOLE NATIONALE FORESTIÈRE

ET ANCIEN ÉLÈVE DE CETTE ÉCOLE

AVEC 93 FIGURES ET 2 PLANCHES HORS TEXTE



BERGER-LEVRAULT ET Cie, ÉDITEURS

PARIS — 5, RUE DES BEAUX-ARTS | NANCY — 18, RUE DES GLACIS

1893

à monsieur Sée

Administrateur des forêts

hommage très-profondément respectueux

G. Huffel

LES ARBRES

ET

LES PEUPLEMENTS FORESTIERS

FORMATION DE LEUR VOLUME ET DE LEUR VALEUR

NANCY, IMPRIMERIE BERGER-LEVRAULT ET Cie

LES ARBRES

ET LES

PEUPLEMENTS FORESTIERS

FORMATION DE LEUR VOLUME ET DE LEUR VALEUR

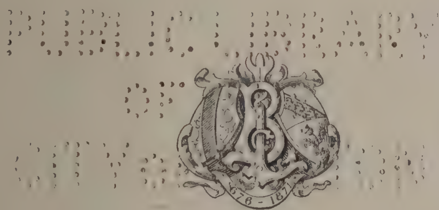
D'APRÈS LES TRAVAUX RÉCENTS DES STATIONS DE RECHERCHES FORESTIÈRES ALLEMANDES

PAR

G. HUFFEL

INSPECTEUR-ADJOINT DES FORÊTS
CHARGÉ DE COURS A L'ÉCOLE NATIONALE FORESTIÈRE
ET ANCIEN ÉLÈVE DE CETTE ÉCOLE

AVEC 93 FIGURES ET 2 PLANCHES HORS TEXTE



BERGER-LEVRAULT ET Cie, ÉDITEURS

PARIS
5, RUE DES BEAUX-ARTS

NANCY
18, RUE DES GLACIS

1893

INTRODUCTION

L'étude du volume et de la valeur des arbres et des peuplements forestiers[1] est une partie importante de la science forestière. Par elle, en effet, la *sylviculture* reçoit des notions précises lui permettant de diriger les peuplements forestiers au moyen d'opérations appropriées vers le meilleur état possible ; par elle aussi l'*économie forestière* se rend compte des époques auxquelles il faut régler l'âge d'exploitation des forêts pour obtenir le maximum du produit en matière ou en argent, soit d'une manière absolue, soit relativement au capital engagé.

La science forestière se divise, d'après M. Puton[2], en six branches : l'*arboriculture forestière*, la *sylviculture*, la *technologie forestière*, la *dendrométrie*, l'*économie* et l'*estimation forestières*. L'étude qui fait l'objet du présent travail participe à la fois de la *dendrométrie* et de l'*économie forestière :* à la première elle emprunte des procédés pour déterminer les dimensions et les volumes des arbres ou des peuplements ; elle en fait l'application aux divers âges de leur vie, aux conditions variées des milieux dans lesquels ils se développent. A la seconde elle fournit les éléments les plus importants pour la solution des problèmes qui se posent à propos de tous les aménagements de forêts.

---

1. Nous ne parlons, dans ce travail, que des peuplements d'une seule essence et d'un seul âge.

2. *Traité d'économie forestière*, t. I, p. 3 à 7.

Dans les écoles forestières allemandes, l'exposé des lois du développement du volume et de la valeur sert, en quelque sorte, d'introduction à l'étude de l'art des aménagements. Il constitue un chapitre important, et souvent très développé, en tête de tous les traités d'économie forestière ou d'aménagement[1].

En France la loi de formation du volume et de la valeur des arbres et peuplements paraît avoir été assez peu étudiée jusqu'à présent, surtout en ce qui concerne les peuplements ; du moins notre littérature forestière contemporaine est-elle fort pauvre en cette matière[2]. Cela tient sans doute à ce que les peuplements d'essence pure et d'un seul âge (les seuls dont nous nous occuperons) sont relativement rares dans notre pays où la forêt d'essences mélangées, régénérée par la voie naturelle, est le type idéal des sylviculteurs.

En Allemagne, au contraire, malgré l'opposition de quelques forestiers distingués, la tendance à la production de peuplements d'une seule essence, d'un seul âge, créés par voie artificielle, est devenue de plus en plus générale. Il y a à cela beaucoup de causes parmi lesquelles se rangent notamment la pauvreté des sols et la rigueur des climats tels qu'on les rencontre surtout dans le nord-est de l'Empire. Nos voisins ont donc, plutôt que nous, l'occasion d'étudier des peuplements de composition très simple dont le développement est bien normal, attendu que les éclaircies, réduites chez eux à l'enlèvement des bois dépérissants, ne viennent jamais modifier leur évolution naturelle. Les méthodes d'aménagement par volume,

---

1. *Die Waldertragsregelung* de Ch. Heyer, p. 17 à 32 de la 3e édition (1883), *Die Forsteinrichtung* de M. Judeich, pages 9 à 51 de la 4e édition (1885), *Lehrbuch der Forsteinrichtung* de M. Weber, pages 129 à 269 (1891), etc.

2. Ce sont des Français (Réaumur, Buffon, Duhamel, de Perthuis, Varenne de Fenille) qui ont été, au siècle dernier, les initiateurs de ces études ; mais ils ont eu peu de continuateurs au XIXe siècle. Actuellement on s'occupe plutôt, en France, des peuplements d'âges multiples à propos desquels une série d'ouvrages intéressants a été publiée depuis quelques années.

si répandues dans les pays de langue allemande, exigent de plus une connaissance assez exacte des lois de la formation du volume des massifs, de sorte que la recherche de ces lois y présente un intérêt pratique de premier ordre.

Enfin constatons que les forêts couvrent plus d'un quart de l'étendue de l'Allemagne, tandis qu'elles ne s'étendent que sur un sixième de la surface de la France. Plus de la moitié (52 p. 100) des forêts allemandes est soumise au régime forestier, c'est-à-dire gérée par une administration publique, tandis qu'en France l'administration n'étend son action que sur 31.5 p. 100 des forêts du pays. En Allemagne, les forêts domaniales sont cinq fois, les forêts communales d'un tiers environ, plus étendues qu'en France. Tout cela s'ajoute pour donner aux questions forestières, chez nos voisins, une importance et une popularité dont on se fait à peine une idée de ce côté des Vosges. La science forestière y est enseignée, à de très nombreux auditeurs, dans les Universités et dans des Écoles spéciales, très richement dotées en personnel, en matériel et en argent[1]; elle tient un rang distingué parmi les préoccupations intellectuelles du pays et l'on peut dire, sans exagération, qu'il n'y a guère d'Allemand instruit qui lui soit complètement étranger.

On possédait déjà, en Allemagne, il y a plus d'un siècle, de véritables et bons traités de sylviculture (l'*Anweisung zur Holzzucht*, de G. L. Hartig, a été imprimée pour la première fois en 1791); aujourd'hui il faudrait un très gros volume pour énumérer tous les ouvrages purement forestiers publiés chez

---

1. Pendant l'année scolaire 1885-1886, l'enseignement forestier était donné en Allemagne dans 5 écoles spéciales (Eberswalde, Münden, Tharand, Aschaffenburg et Eisenach), comptant 44 professeurs et 487 élèves; dans 3 universités (Munich, Giessen et Tübingen), comptant 11 chaires purement forestières et 200 étudiants forestiers; et enfin dans l'école polytechnique de Karlsruhe où il y a 2 chaires de sciences forestières et 26 élèves forestiers. Au total : 67 professeurs et 713 élèves pour toute l'Allemagne.

nos voisins. En faisant même très large la part de la prolixité et des développements dans lesquels se plaît tant l'esprit germanique, il faut bien reconnaître que, à certains égards, la science forestière a pris, en Allemagne, un essor plus vaste et plus rapide que chez nous. C'est surtout depuis une vingtaine d'années que les études qui font l'objet du présent ouvrage ont pris une extension vraiment extraordinaire.

Ce magnifique et prompt développement d'un chapitre de la science, à peine à l'état d'ébauche il y a un quart de siècle, est dû surtout aux travaux des stations de recherches forestières créées depuis 1870 et constituées en association, fonctionnant d'après un programme commun, depuis le congrès forestier de Brunswick, en 1872.

En effet, l'étude des accroissements des arbres, et surtout celle des accroissements des massifs, excède les forces d'un travailleur isolé, quelque bien doué et quelque zélé qu'on le suppose. Pour s'y livrer avec fruit il faut des ressources en temps, en hommes et en argent, que possèdent seules de grandes administrations. Les neuf stations de recherches forestières de l'Allemagne[1], celles d'Autriche et de Suisse disposent d'un personnel nombreux de forestiers d'élite; elles sont puissantes et surtout très libéralement dotées[2]. Il n'est pas étonnant qu'elles aient enrichi la science de documents importants et de plus en

1. Il existe des stations de recherches en Prusse, Bavière, Saxe, Wurtemberg, dans le grand-duché de Bade, en Hesse, Thuringe, Brunswick et en Alsace-Lorraine.

La station suisse a son centre à Zurich et est dirigée par M. le Dr Bühler, ancien assistant de M. von Baur. La station autrichienne est à Mariabrunn, près de Vienne, et il est question, croyons-nous, d'en créer une en Hongrie.

2. La station de recherches prussienne, établie depuis 1871 à Eberswalde, est divisée en cinq sections : une section forestière proprement dite, une section pour les travaux physiques et chimiques, une section de météorologie, une de physiologie végétale et enfin une de zoologie. Chaque section a un chef qui est en même temps professeur à l'École forestière d'Eberswalde et toutes sont placées sous la direction commune du directeur de cette école (arrêté du 14 mars 1872). Le budget annuel de la station est, pour l'exercice 1891-1892, de 26,100 fr.

plus abondants. Aujourd'hui la littérature allemande sur le sujet qui nous occupe est devenue tellement riche, qu'il n'est plus possible de la suivre qu'à la condition de se spécialiser absolument.

La publication du présent travail a été entreprise pour répondre à un désir souvent exprimé, en faisant connaître en France les travaux de nos voisins. Cependant, bien que notre but soit surtout de vulgariser chez nous des résultats acquis ailleurs, nous ne nous priverons pas systématiquement du plaisir de citer des travaux français lorsque l'occasion s'en présentera. Ce n'est pas sans quelque regret que nous nous sommes résigné à passer, sans y insister, sur les travaux exécutés par notre station de recherches de Nancy et par une foule de forestiers distingués ; mais, comme nous l'avons dit, nous avons un autre but, et nous devons nous y tenir. Nous n'avons pas l'intention d'écrire un traité, mais bien celle de faire connaître à des forestiers, qui n'ont ni le loisir ni la possibilité de suivre les publications étrangères, l'état actuel de cette partie de notre science favorite chez nos voisins.

Nous avons tenu à donner à ce travail la forme de causeries sans prétention. Nous ne nous sommes imposé ni d'être complet, ni de suivre un plan bien harmonieux, ni de ménager des transitions. Chacun de nos paragraphes peut, sans inconvénient, être isolé : nous avons cru préférable de nous attacher uniquement à être clair et précis, sans souci exagéré de la forme et de la symétrie qu'on serait fondé à exiger dans un Traité, mais qui est moins indispensable dans un ouvrage, simple suite de conférences forestières ou, si l'on veut, de causeries sans lien rigoureux.

Nous nous sommes fait une loi de ne citer, parmi les travaux étrangers, que des travaux officiels ou tout au moins des travaux émanant d'auteurs universellement estimés chez nos voisins. Autant qu'il a été possible, nous avons évité les sujets contro-

versés et, lorsque nous n'avons pu le faire entièrement, nous avons tâché de suivre l'opinion de la majorité, sans parti pris d'aucune sorte.

Une pareille sélection parmi les innombrables ouvrages publiés en Allemagne, n'est pas sans grandes difficultés. Un des plus distingués parmi nos collègues a publié, dans le XXVIIIe volume de la *Revue des eaux et forêts,* d'excellentes observations sur les périls d'une entreprise comme la nôtre. Aussi croyons-nous pouvoir compter sur la bienveillante indulgence des forestiers français, auxquels ce travail est destiné.

G. Huffel.

Nancy, le 14 octobre 1892.

AVERTISSEMENT

L'accroissement, avec le temps, d'un arbre ou d'un peuplement, peut s'envisager à deux points de vue. On peut le considérer au point de vue purement géométrique des dimensions, telles que hauteur, diamètre, dont résultent la forme et le volume; ou bien encore on peut le considérer eu égard à sa valeur en argent laquelle dépend du volume, de la répartition de ce volume en différentes catégories de marchandises et enfin du prix de ces marchandises. Nous avons donc à distinguer le développement des arbres et massifs et celui de leur valeur, ce qui nous amènera à diviser notre travail en deux parties : dans la première nous nous occuperons de l'évolution des différents éléments (hauteur, diamètre, etc.) qui concourent à la formation du volume des arbres ou des peuplements ainsi que de la production en matière qui en résulte; dans la seconde nous étudierons la formation de la valeur et la production en argent.

Faisons remarquer dès à présent que les lois naturelles interviennent seules dans les accroissements de la hauteur, du diamètre, du volume des arbres. Dans le développement de la valeur, au contraire, certains facteurs seulement, tels que volume, etc., dans une certaine mesure répartition du volume en différentes catégories de marchandises, dépendent de l'action de la nature, tandis qu'un dernier élément, le prix des bois, dépend de l'état local et momentané du marché et varie suivant des causes dont l'étude ne rentre pas dans notre cadre.

LISTE

DES PRINCIPAUX OUVRAGES CITÉS

Bagnéris (G.-C.), professeur à l'École nationale forestière, 1825-1881.

Manuel de sylviculture. — 1re édition, 1873; 2e édition, 1878. Nancy, chez Berger-Levrault et Cie.

Bagnéris (Gustave-Constant), naquit à Douai le 18 avril 1825, entra à l'École forestière en 1844 et en sortit, le premier de sa promotion, en 1846. Il fut nommé répétiteur du cours de sciences forestières à l'École de Nancy en 1858, et, en 1865, titulaire de cette chaire qu'il occupa jusqu'à sa mort, le 12 novembre 1881. Son *Manuel de sylviculture* est le premier ouvrage dans lequel se manifeste une réaction en faveur des doctrines traditionnelles françaises contre certaines théories récemment importées d'Allemagne, notamment en matière d'éclaircies et de balivage dans les taillis sous futaie.

Bartet (E.), inspecteur adjoint des forêts, attaché à la station de recherches de Nancy.

Étude sur l'expérimentation forestière en Allemagne et en Autriche (en collaboration avec M. Reuss). — Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1884.

Recherches sur le mode d'accroissement des chênes de taillis sous futaie (extrait de la *Revue des eaux et forêts*). — Paris, chez Rothschild, 1891.

Recherches sur le couvert des arbres des taillis sous futaie (extrait du *Bulletin du ministère de l'agriculture*). — Paris, Imprimerie nationale, 1892.

Diagrammes relatifs à la végétation des principales essences forestières. — En manuscrit à la bibliothèque de l'École nationale forestière (sans date).

Baur (Dr F. von), professeur à l'Université de Münich.

Die Holzmesskunde. — Berlin, chez Parey. 1re édition, 1860; 4e édition, 1891.

Die Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form, unter Zugrundlegung der an der K. würtembergischen forstlichen Versuchsanstalt angestellten Untersuchungen. — Berlin, chez Springer, 1877.

Die Rotbuche in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form, unter Zugrundlegung der an der K. würtembergischen forstlichen Versuchsanstalt angestellten Untersuchungen. — Berlin, chez Parey, 1881.

Formzahlen und Massentafeln für die Fichte, auf Grund der vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten erhobenen Materialien. — Berlin, chez Parey, 1890.

Boppe (L.), sous-directeur et professeur à l'École nationale forestière.

Traité de sylviculture. — Nancy, chez Berger-Levrault et Cie, 1889.

Borggreve (Dr B.), directeur de l'École forestière de Münden.

Die Forstabschätzung. — Berlin, chez Parey, 1888.

Brenot (L.), inspecteur des forêts.

La Méthode expérimentale appliquée aux forêts. — Besançon, chez Dovivers et Cie, 1892.

Breymann (K.), professeur à l'École forestière de Mariabrunn (1807-1870).

Anleitung zur Waldwerthrechnung, etc. — Vienne, chez Braumüller, 1855.

Anleitung zur Holzmesskunst, Waldertragsregelung und Waldwerthrechnung. — Même éditeur, 1868.

Broilliard (C.), inspecteur des forêts, répétiteur à l'École nationale forestière.

Cours d'aménagement des forêts. — Nancy, chez Berger-Levrault et Cie, 1878.

Traitement des bois en France. — Même éditeur, 1881.

Bühler (Dr A.), professeur à l'École polytechnique de Zürich.

Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen. — 1er volume, 2e et 3e fascicules. Zürich, chez Höhr, 1891. 2e volume, 1er, 2e et 3e fascicules, même éditeur, 1892.

Burckhardt (Dr H.), directeur des forêts à Hanovre (1811-1879).

Hülfstafeln für Forsttaxatoren. — 1re édition, 1852, 3e édition, chez Rümpler, à Hanovre, 1873.

Cotta (Heinrich von), 1763-1844, directeur de l'École forestière de Tharand.

Tafeln zur Bestimmung des Zuwachses der vorzüglichsten deutschen Holzarten, 1819.

Hülfstafeln für Forstwirthe und Forsttaxatoren. — Dresde, chez Arnoldi, 1821.

Cotta est un des plus célèbres parmi les forestiers de l'Allemagne. Il est l'inventeur d'une méthode d'aménagement mixte qui, modifiée par son élève Parade, est devenue la méthode usitée en France pour les futaies pleines. Ses tables de production ont été publiées en France par M. de Salomon. (*Traité de l'aménagement,* par M. de Salomon, Mulhouse, chez Thinus et Baret, 1837.)

DANCKELMANN (Dr B.), directeur de l'École forestière d'Eberswalde.

Vorertragstafeln, Sortimentstafeln und Gesammtertragstafeln für Kiefern-, Fichten- und Buchen-Hochwald. — Berlin, chez Springer, 1887.

Travail publié dans le numéro de février 1887 de la *Zeitschrift für Forst- und Jagd-Wesen.*

FEISTMANTEL (Ritter von), K. K. österreichischer Ministerialrat, 1805-1871.

Allgemeine Waldbestandstafeln, etc. — Vienne, chez Braumüller, 1854. 2e édition, convertie en mesures métriques, par Rokilansky, 1876.

FERNOW (B.-E.), chef de division au ministère de l'agriculture à Washington.

Annual report of the Division of Forestry, volume de 1887. — Washington, imprimerie de l'État (en langue anglaise).

FLURY, attaché à la station de recherches forestières de Zürich.

Untersuchungen über das Verhältniss der Reisigmasse zur Derbholzmasse in *Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen.* — 2e volume. Zürich, chez Höhr, 1892.

GANGHOFER (A.).

Das forstliche Versuchswesen. — 1er volume. Augsbourg, chez Schmid, 1881. 2e volume, même éditeur, 1884.

GUINIER (E.), inspecteur des forêts.

Forme des tiges des arbres dicotylédones et conifères. — Gap, chez Jouglard, 1885.

M. Guinier a bien voulu, de plus, nous donner communication d'un manuscrit inédit renfermant de nombreux mesurages effectués par lui sur des tiges d'arbres dans différentes régions de la France.

GUTTENBERG (A. Ritter von), professeur à l'École supérieure d'agriculture à Vienne.

Die Wachstumsgesetze des Waldes. — Vienne, chez Frick, 1885.

Ueber den Einfluss des Bestandesschlusses auf den Höhenzuwachs und auf die Schaftform, in *Œsterreichische Vierteljahrsschrift für Förster*, 1885.

Die Aufstellung von Ertragstafeln. — Même journal, même volume.

Die Holzmesskunde in *Handbuch der Forstwissenschaft* de Lorey. — 2e volume. Tubingue, chez Laupp, 1887.

Hartig (Dr Georges-Louis), Oberlandesforstmeister, chef du service forestier en Prusse, professeur à l'École forestière et à l'Université de Berlin, 1764-1837.

Anweisung zur Taxation der Forste oder zur Bestimmung des Holzertrags. — 1re édition, 1795; 2e édition, avec le titre : *Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forsten*, en 1804; 3e édition, 1813; 4e édition, 1819, à Giessen, chez Heyer. Cet ouvrage renferme des tables de production qui sont, avec celles de Paulsen, les plus anciennes publiées en Allemagne.

Forstwirthschaftliche Tabellen, 1807.

G. L. Hartig était un homme d'un esprit supérieur, un organisateur et un administrateur hors ligne. Son enseignement et ses écrits se distinguent surtout par l'ordre et la clarté. Il publia en 1791 le premier traité de sylviculture imprimé en Allemagne dans lequel se trouvent formulées les règles de la régénération naturelle des peuplements de futaie. Il est l'inventeur d'une méthode d'aménagement par volume qui a été, jusqu'en 1836, l'unique méthode usitée en Prusse.

Hartig (Dr Robert), professeur à l'Université de Münich.

Vergleichende Untersuchungen über den Wachstumgang und Ertrag der Rotbuche und Eiche im Spessart, der Rotbuche im östlichen Wesergebirge, der Kiefer in Pommern und der Weissbuche im Schwarzwalde. — Stuttgart, chez Cotta, 1865.

Die Rentabilität der Fichtennutzholz- und Buchen-Brennholzwirthschaft im Wesergebirge. — Même éditeur, 1868.

Das Holz der deutschen Nadelwaldbaüme. — Berlin, chez Springer, 1885.

Das Holz der Rotbuche (en collaboration avec M. Weber). — Même éditeur, 1888.

Hartig (Dr Théodore), professeur à Brunswick (1805-1880).

Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rotbuche. — Berlin, chez Förstner, 1847; 2e édition, 1851.

Ce livre renferme les tables de production de Paulsen et de G. L. Hartig, les plus anciennes parues en Allemagne.

HESS (Dr R.), professeur à l'Université de Giessen.

Lebensbilder hervorragender Forstmänner. — Berlin, chez Parey, 1883.

HEYER (Dr K.-J.), professeur à l'Université de Giessen (1797-1856).

Aufruf zur Gründung eines forststatistischen Vereins, in *Wedekinds Neuen Jahrbüchern der Forstkunde,* 1846.

Die Waldertragsregelung. — 1re édition, 1840; 2e édition, 1862; 3e édition (publiée par M. Lehr). Leipzig, chez Teubner, 1883.

Heyer est l'un des forestiers les plus distingués de notre époque. Il est l'auteur d'une méthode d'aménagement par volume encore suivie dans plusieurs pays de langue allemande.

HEYER (Dr E.), professeur à l'Université de Giessen.

Ueber Aufstellung von Holzertragstafeln, in *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung,* 1857.

Ueber Messung der Höhen..... nebst einleitenden Bemerkungen über Bildung der Massen und Ertragstafeln. — Giessen, 1870.

JUDEICH (Dr F.), directeur de l'École forestière de Tharand.

Die Forsteinrichtung. — 1re édition en 1871, 4e édition, 1885, à Dresde chez Schönfeld.

KRAFT (G.), Oberforstmeister à Hanovre.

Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, etc. — Hannover, chez Klindworth, 1884.

Beiträge zur forstlichen Zuwachsrechnung und zur Lehre vom Weiserprocent. — Hannover, chez Klindworth, 1885.

Beiträge zur Durchforstungs- und Lichtungsfrage. — Hannover, chez Klindworth, 1889.

KUNZE (M.), professeur à l'École forestière de Tharand.

Beiträge zur Kenntniss des Ertrags der Fichte. — Suppléments au *Tharander forstliches Jahrbuch.* T. I, 1878. T. III, 1883. T. IV, 1888. Dresde, chez Schönfeld.

Ueber Formzahlen der gemeinen Kiefer und Fichte. — Suppléments au *Tharander forstliches Jahrbuch.* T. II, 1882. Dresde, chez Schönfeld.

Beiträge zur Kenntniss des Ertrags der Kiefer. — Suppléments au *Tharander forstliches Jahrbuch.* T. III, 1883. Dresde, chez Schönfeld.

Hilfstafeln für Holzmassen-Aufnahmen. — Berlin, 1884, chez P. Parey.

Anleitung zur Aufnahme des Holzgehalts der Waldbestände. — 1re édi[illegible]86; 2e édition, 1891. Berlin, chez Parey.

Beiträge zur Kenntniss der Rotbuche in Bezug auf Ertrag und Form. — Suppléments au *Tharander forstliches Jahrbuch*, T. VI, 1890. Dresde, chez Schönfeld.

LAZURIANU (A.).

Studiu asupra cresterei arborilor şi a massivelor lemnoase. — Bucarest, chez Savoiu, 1891 (en langue roumaine).

LOMBARD, garde général des forêts.

Diagrammes relatifs à la végétation du charme-houblon (ostrya carpinifolia. Scop.) [manuscrit à la bibliothèque de l'École nationale forestière], 1889.

LOREY (Dr Tuisko), professeur à l'Université de Tubingue.

Ueber Stammanalysen. — Stuttgart, chez Müller, 1880.

Ertragsuntersuchungen in Fichtenbeständen, ausgeführt von der K. württembergischen forstlichen Versuchsstation. — Francfort, chez Sauerländer, 1883. 12e volume des suppléments à l'*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung.*

Ertragstafeln für die Weisstanne, nach den Aufnahmen der K. württembergischen forstlichen Versuchsstation. — Francfort, chez Sauerländer, 1884.

MAYR (Dr H.).

Die Waldungen von Nordamerika. — Münich, chez Rieger, 1890.

MEISTER (U.).

Die Stadtwaldungen von Zürich. — Zürich, chez Orell Füssli et Cie, 1883.

MER (E.), inspecteur adjoint des forêts, attaché à la station de recherches de Nancy.

Influence de l'éclaircie sur l'accroissement diamétral des sapins. — Paris, chez Doin, 1888.

Recherches sur les causes d'excentricité de la moelle des sapins. — Paris, chez Rothschild, 1889.

Moyen d'activer l'allongement des jeunes sapins. — Même éditeur, 1890.

(Les deux derniers mémoires sont extraits de la *Revue des eaux et forêts*.)

Sur les causes de variation de la densité des bois. — Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1892 (extrait du tome XXXIX du *Bulletin de la Société botanique de France*.

NÖRDLINGER (Dr H.).

Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers. — Stuttgart, chez Cotta, 1872.

NÖRDLINGER (Dr Th.).

Zuwachs und Zuwachsprocent in *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*, volume de 1884.

Ertragsuntersuchungen in Buchenbeständen in *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*. — Volume de 1886.

DE PERTHUIS, mort en 1803.

Traité de l'aménagement et de la restauration des bois et forêts de la France. — Paris, chez Huzard, 1803. (Une partie de cet ouvrage a été publiée par l'auteur sous forme de mémoires détachés en l'an VIII.)

PRESSLER (Dr Max-Robert), professeur à l'École forestière de Tharand, 1815-1886.

Der rationelle Waldwirth. — 1er fascicule, 1858 ; 2e fascicule, 1889 ; 7e fascicule (renfermant les procédés de mesure des taux d'accroissement), 1868, à Dresde, chez Waldemar Türk ; 9e fascicule, Tharand et Leipsig, chez Liebeskind, 1885.

Holzwirthschaftliche Tafeln. — Dresde, chez Waldemar Türk, 1866.

Forstliches Hilfsbuch für Schule und Praxis. — 2e édition remaniée du précédent ouvrage ; même éditeur, 1869.

Holzwirthschaftliche Tafeln. — 3e édition en deux volumes. Leipsig, chez Liebeskind, 1881.

Forstliche Ertrags- und Bonitirungs-Tafeln. — Leipsig, chez Baumgärtner, 1870; 2e édition, 1878. Cet ouvrage renferme des tables de production pour les taillis.

Die Hauptlehren des Forstbetriebs und seiner Einrichtung (en deux fascicules). — Leipsig, chez Baumgärtner, 1871 et 1872.

Die beiden Weiserprocente, als Grundlage des eigentlichen und wissenschaftlichen Lichtungsbetriebs in *Tharander forstliches Jahrbuch*. — 31e volume. Dresde, chez Schönfeld, 1881.

Pressler est un des esprits les plus féconds et les plus originaux qu'ait produits l'Allemagne forestière. Il est le véritable fondateur des théories relatives au fonctionnement financier des exploitations forestières; il eut seulement le tort de vouloir régler l'exploitation uniquement d'après des considérations financières, alors que bien d'autres considérations d'intérêt public doivent intervenir dans la question, surtout lorsqu'il s'agit des forêts d'un grand État. Ses idées ont soulevé des controverses extrêmement violentes et passionnées; elles ont eu pour effet, malgré l'opposition d'une foule de forestiers distingués, de provoquer un abaissement notable (de 20 ans environ) des âges d'exploitation autrefois adoptés pour les futaies pleines en Saxe, en Prusse et dans quelques autres pays de langue allemande. Pressler était un esprit éminemment pratique; on lui doit une quantité de formules de calcul simplifiées pour l'établissement desquelles il avait un don tout particulier. Pressler fut nommé professeur de mathématiques à Tharand en 1840; il resta à son poste jusqu'en 1883, où la maladie vint l'en arracher, et il mourut à Tharand, le 30 septembre 1886.

PUTON (A.), directeur de l'École nationale forestière.

Traité d'économie forestière. — Paris, chez Marchal et Billard. 1er volume, 1888; 2e volume, 1890; 3e volume, 1891.

RÉAUMONT.

L'Aménagement des forêts en Saxe. — Paris, chez Rothschild, 1889. (Extrait de la *Revue des eaux et forêts.*)

REUSS (E.), inspecteur adjoint des forêts, répétiteur à l'École nationale forestière.

L'Exposition forestière internationale de 1884 à Édimbourg. — Paris-Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1886.

Étude sur l'expérimentation forestière en Allemagne et en Autriche (en collaboration avec M. Bartet). — Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1884

REYNARD (A.), inspecteur des forêts.

Mémoire sur la forme de la tige de l'épicéa et du sapin. — Manuscrit à la bibliothèque de l'École nationale forestière, 1889

M. Reynard a fait paraître diverses notes sur le même objet en 1872, 1881 et 1886 dans la *Revue des eaux et forêts.*

RINIKER (J.).

Der Zuwachsgang in Fichten- und Buchenbeständen unter dem Einfluss von Lichtungshieben. — Davos, chez Richter, 1887.

SCHAEFFER (A.), inspecteur adjoint des forêts.

Accroissement du sapin. — Besançon, chez Jacquin, 1891. (Extrait du *Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté.*)

Diagrammes relatifs à la végétation du châtaignier. — (Manuscrit à la bibliothèque de l'École nationale forestière), 1888.

SCHNEIDER (F.-W.), professeur de mathématiques à l'École forestière de Berlin de 1825 à 1830, à Eberswalde de 1830 à 1873. Né en 1801, mort en 1879.

Erfahrungstafeln, etc., mit Angabe des Nutzungsprocentes, etc. — Berlin, 1843.

SCHUBERG (K.), professeur à l'École supérieure technique de Carlsruhe.

Mitteilungen der Badischen Versuchsanstalt in *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 1875.

Das Gesetz der Stammzahl und die Auferstellung von Waldertragstafeln in *Forstwirthschaftliches Centralblatt*, 1880.

Aus deutschen Forsten. Mitteilungen über den Wuchs und Ertrag der Waldbestände im Schluss- und Lichtstande. 1[er] fascicule : *Die Weisstanne in geschlossenen Beständen.* — Tübingue, chez Laupp, 1888.

Formzahlen und Massentafeln für die Tanne, auf Grund der vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten erhobenen Materialien. — Berlin, chez Parey, 1891.

Schwappach (D[r] A.), professeur à l'École forestière d'Eberswalde.

Wachstum und Ertrag normaler Kiefernbestände in der norddeutschen Tiefebene nach den Aufnahmen der preussischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. — Berlin, chez Springer, 1889.

Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände nach den Aufnahmen des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten. — Même éditeur, 1890.

Formzahlen und Massentafeln für die Kiefer, auf Grund der vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten erhobenen Materialien. — Berlin, chez P. Parey, 1890.

Speidel (D[r] E.).

Ertragsuntersuchungen in Forchenbeständen Würtembergs nach den Aufnahmem der K. würtembergischen Versuchsstation. — 13[e] volume des suppléments à l'*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung.* Francfort, chez Sauerländer, 1877.

Tassy (L.), inspecteur général des forêts.

L'Aménagement des forêts. — 1[re] édition, 1872 ; 3[e] édition, Paris, chez Doin, 1887.

Vargas de Vedemar (Comte A.-E.).

Recherches sur l'accroissement et le rendement des forêts dans le gouvernement de Toula. — Saint-Pétersbourg, 1847.

Recherches sur l'accroissement et le rendement des forêts dans le gouvernement de Saint-Petersbourg — Saint-Pétersbourg, 1849.

Ces deux études (en langue russe) ont paru dans les mémoires de la Société impériale libre d'économie de Saint-Pétersbourg. Les extraits que nous en avons faits sont tirés d'analyses qui en ont été publiées en 1849 et 1850 par l'*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung* et du *Traité d'aménagement* de M. Weber.

Varenne de Fenille (P.-C.-M.), 1730-1794.

Mémoires sur l'administration forestière. — Les quatre mémoires auxquels nous avons fait des emprunts ont été imprimés pour la première fois en 1791 ou 1792 aux frais de la Société royale d'agricul-

ture. Une seconde édition, renfermant les œuvres à peu près complètes de l'auteur, a été publiée à Paris, chez Marchand, en 1807 sous le titre d'*Œuvres d'agriculture de Varenne-Fenille*.

Varenne de Fenille, né à Dijon en 1730, nommé conservateur des forêts de l'Ain lors de la suppression des maîtrises en 1791, périt sur l'échafaud, à Lyon, le 14 février 1794. Il était, dans l'acte d'accusation, désigné comme « ex-noble, ayant fait passer de l'argent aux émigrés ». Sa vie a été écrite par M. Philibert-le-Duc, inspecteur des forêts, et publiée sous les auspices du Ministère de l'agriculture et de la Direction des forêts en un volume renfermant de plus une analyse assez détaillée de ses œuvres et de celles de son fils, Charles de Fenille. Paris, chez Rothschild, 1869.

VIVIER, inspecteur des forêts.

Étude sur les formes de la tige du sapin. — Colmar, chez Decker, 1870.

WAGENER (G.), Forstmeister à Castell.

Ueber die Wachstumsleistungen der Rotbuche im geschlossenen und im freien Stande in Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung de 1882.

Der Waldbau und seine Fortbildung. — Stuttgart, chez Cotta, 1884.

WEBER (Dr Rudolf), professeur à l'Université de Münich.

Das Holz der Rotbuche (en collaboration avec M. R. Hartig). — Berlin, chez Springer, 1888.

Lehrbuch der Forsteinrichtung. — Même éditeur, 1891.

WEISE (W.), directeur de l'École forestière de Münden.

Ertragstafeln für die Kiefer im Auftrage des Vereins deutscher forstlicher Versuchs-Anstalten. — Berlin, chez Springer, 1880.

ZÆPFEL, inspecteur adjoint des forêts.

Diagrammes relatifs à la végétation de diverses essences dans la forêt de Haye. — (Manuscrit à la bibliothèque de l'École nationale forestière), 1888.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES CITÉES

Annales forestières. — 20 volumes in-8°, de 1842 à 1861. Paris, bureau des *Annales*, 3, rue du Pont-de-Lodi.

Les *Annales forestières*, dont le dernier volume a paru en 1861, ont été remplacées en 1862 par la *Revue des eaux et forêts*.

Centralblatt (Forstwissenschaftliches). — Rédigé par M. le Dr F. von Baur (14e volume en 1892), revue mensuelle in-8°. Berlin, chez Parey. Prix : 14 marcs (17 fr. 50 c.) par an.

Centralblatt für das gesammte Forstwesen. — Rédigé par MM. Dimitz et Böhmerle (18e volume en 1892), revue mensuelle grand in-8°. Vienne, chez Frick. Prix : 20 fr. par an.

Forst- und Jagd-Zeitung (Allgemeine). — Rédacteurs : MM. Lorey et Lehr (68e volume en 1892 ; cette revue est la plus ancienne de celles qui paraissent en Allemagne), revue mensuelle in-4°. Francfort, chez Sauerländer. Prix : 20 fr. par an.

Jahrbuch (Tharander forstliches). — Rédigé par M. le Dr M. Kunze. (42e volume en 1892), revue trimestrielle grand in-8°. Dresde, chez Schönfeld. Prix : 20 fr. par an.

Revue des eaux et forêts. — Rédacteur M. Broilliard (31e volume en 1892), revue mensuelle avec supplément de jurisprudence mensuel, in-8°. Paris, chez Rothschild. Prix : 15 fr. par an en France, 20 fr. pour l'étranger.

Vierteljahres-Schrift (Œsterreichische) für Forstwesen. — Rédigée par M. A. von Guttenberg (42e volume en 1892), revue trimestrielle, in-4°. Vienne, chez Perles. Prix : 12 fr. 50 c. par an.

Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. — Rédigée par M. le Dr B. Danckelmann (24e volume en 1892), revue mensuelle, in-8°. Berlin, chez Springer. Prix : 20 fr. par an.

LES ARBRES

ET

LES PEUPLEMENTS FORESTIERS

FORMATION DE LEUR VOLUME ET DE LEUR VALEUR

PREMIÈRE PARTIE

FORMATION DU VOLUME DES ARBRES ET DES PEUPLEMENTS

Nos forêts sont tantôt agencées de manière à nous fournir des arbres ayant poussé à l'état plus ou moins libre et que nous récoltons un à un, tantôt nous leur demandons au contraire des récoltes que nous prenons à tire-aire, sur des surfaces continues en peuplements d'un seul âge. L'arbre considéré individuellement et la collectivité d'arbres croissant sur une unité de surface se développent suivant des lois qui leur sont propres et que nous devons considérer séparément[1].

Nous parlerons d'abord des accroissements des arbres (chapitre Ier), puis de ceux des peuplements d'un seul âge (chapitre II) et, enfin, de la production en matière (chapitre III).

1. Cette distinction, que l'on trouve très clairement indiquée dans les ouvrages de Varenne de Fenille, n'a pas toujours été faite depuis; on a voulu rechercher le moment du plus grand accroissement moyen des massifs, en étudiant le développement d'arbres pris dans ce massif. Voir des articles de M. Noirot-Bonnet dans les *Annales forestières* de 1852. La même confusion a été faite autrefois en Allemagne.

CHAPITRE PREMIER

LE DÉVELOPPEMENT DES ARBRES

§ 1er. — Généralités.

Un arbre vivant modifie, avec le temps, sa *hauteur* et son *diamètre;* il en résulte des variations dans sa *forme* et dans son *volume*. Nous aurons à considérer successivement le développement de l'arbre à chacun de ces quatre points de vue.

Les arbres, dans nos pays où les climats présentent des saisons bien tranchées, forment, comme on sait, chaque année une couche ligneuse qui enveloppe entièrement les couches des années précédentes et qui constitue l'*accroissement annuel*. Nos arbres ont ainsi la forme d'une série de cônes emboîtés les uns dans les autres et le nombre de ces cônes indique l'âge du sujet.

Nous n'avons pas à nous étendre ici sur les causes et les procédés de l'accroissement. Rappelons seulement que l'arbre accroît son diamètre par la production de la couche cambiale, comprise entre l'écorce et le bois, et sa hauteur par le développement du bourgeon terminal. C'est ainsi que l'accroissement de la surface transversale d'une tige se fait uniquement par sa circonférence, l'allongement d'un axe uniquement par son extrémité. Les accroissements une fois formés restent rigides de sorte que la position relative et la distance de deux points quelconques pris dans l'intérieur du corps d'un arbre restent invariables pendant toute la durée de la vie de cet arbre.

La période d'activité annuelle est plus ou moins longue suivant les climats. Dans la plus grande partie de la France, la saison de végétation dure environ 7 mois, d'avril à octobre ; les différentes essences présentent du reste des différences assez marquées à cet

égard [1]. Dans nos montagnes, le temps d'activité apparente est beaucoup plus court ; aux limites supérieures de la végétation forestière il n'est guère que de quatre à cinq mois. Dans le nord de la Finlande, la saison de végétation du pin sylvestre n'est que de 2 mois [2].

La période de repos hivernale est commune à tous nos végétaux forestiers, aussi bien à ceux qui conservent des feuilles en hiver qu'à ceux qui se dépouillent complètement à l'automne. Cependant elle ne s'étend pas en même temps à toutes les parties de l'arbre : les racines continuent à s'accroître d'une façon appréciable pendant une partie de l'hiver.

Les accroissements ne se produisent pas d'une façon uniforme pendant toute la saison de végétation. L'allongement des axes se manifeste dès le début du printemps, mais ne dure le plus souvent que six semaines ou deux mois [3]. L'accroissement du diamètre commence de moins bonne heure, un peu plus tôt dans les massifs clairs que dans les massifs serrés (R. Hartig). Ce dernier accroissement se produit d'abord dans le sommet des branches, puis il s'étend plus ou moins rapidement du haut en bas du fût. Les racines ne commencent à grossir qu'à partir du milieu de l'été, mais leur accroissement se continue pendant la première partie de l'hiver. En général, c'est dans les parties de l'arbre où l'écorce est la moins épaisse que l'activité du cambium s'éveille d'abord ; cela est surtout vrai pour les résineux en massif serré chez lesquels le bas du fût est souvent en retard de quatre semaines sur le haut du fût [4]. Aussi le bois du pied

---

1. La même essence présente quelquefois des variétés précoces et des variétés tardives. Tel est, par exemple, le « Chêne de Pourlans » ou « Chêne de Juin », variété tardive du chêne pédonculé qu'on trouve dans la Bresse, et dont les feuilles apparaissent en retard de six semaines sur celles de ses congénères.

2. Le pin sylvestre se rencontre en Finlande, jusqu'à 69° 55′ de latitude. Le lac Enari, par 69° de latitude, est gelé dix mois de l'année. (*Statistique de la Finlande*, par le Dr Ignatius, publiée par le gouvernement finlandais, à l'occasion de l'exposition d'Helsingfors, en 1876.)

3. Parfois il se produit à la fin de l'été, notamment sur les chênes — et particulièrement sur les réserves de taillis sous futaie, dans les années qui suivent immédiatement la coupe des taillis — une seconde ou même une troisième évolution des bourgeons, de sorte que l'accroissement en hauteur se fait en plusieurs fois. Mais, même dans ce cas, il n'y a jamais qu'une seule couche annuelle. (Voir Nordlinger, *Holzring*, p. 11.)

4. R. Hartig, *Holz der deutschen Nadelwaldbäume*, p. 36. Voir aussi un article de M. Bonhausen dans le volume de 1882 de l'*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*.

de l'arbre, se développant plus tard, renferme-t-il moins de bois de printemps et est-il plus lourd et de meilleure qualité que celui du haut de la tige[1].

On observe, en effet, chez la plupart des essences, une différence considérable entre les premières assises du tissu ligneux formées au printemps et celles déposées en dernier lieu; si bien qu'on a distingué depuis longtemps, dans une même couche annuelle, le bois de printemps et le bois d'automne. Certains auteurs ont voulu expliquer cette différence par la pression de l'écorce qui irait en augmentant pendant toute la saison de végétation (J. Sachs et H. de Fries), mais on a prouvé depuis qu'il n'en est rien[2]. Des expériences faites sur des arbres complètement ébranchés et écimés à l'automne ont montré qu'il se développait l'année suivante, malgré l'absence des feuilles, une couche d'accroissement dont le volume était du tiers au huitième de celui de l'accroissement précédent[3]; cette couche ainsi formée se compose uniquement de bois de printemps. Le premier bois produit par un arbre au printemps se fabrique donc aux dépens des réserves alimentaires accumulées dans le bois et l'écorce et provenant de la végétation de l'année précédente. A cette époque non seulement les nouvelles pousses ne contribuent pas encore à l'alimentation du cambium, mais au contraire elles absorbent elles-mêmes une partie de la réserve pour achever leur développement. Plus tard les pousses de l'année apportent leur contingent de matières nutritives et participent à la nutrition du cambium; la température est aussi plus élevée, ce qui concourt à donner au bois formé pendant la seconde partie de l'année un tissu plus serré, une densité et une solidité plus grandes.

La différence d'aspect entre le bois de printemps et celui d'automne n'est pas également nette chez toutes les essences, mais elle l'est généralement assez pour permettre de délimiter exactement, à l'œil nu, sur une section transversale, les accroissements annuels successifs. C'est sur ce fait qu'est basé le procédé d'étude des accroissements des arbres que nous allons maintenant exposer.

---

1. Cette remarque, déjà faite par Duhamel en 1767 (*Traité du transport, de la conservation et de la force du bois*), a été confirmée par tous les travaux ultérieurs.

2. R. Hartig, *Zersetzungserscheinungen des Holzes*, 1878; *Lehrbuch der Baumkrankheiten*, 1882; *Untersuchungen aus dem Forstbotanischen-Institut zu München*, p. II, 148-150; *Holz der Nadelwaldbäume*, p. 32-34.

3. Du tiers chez des sapins, du quart chez des pins sylvestres, du huitième chez des épicéas.

§ 2. — Analyses de tiges.

Généralités. — La partie de beaucoup la plus intéressante des arbres est le fût, dont la valeur à l'unité de volume peut être vingt ou vingt-cinq fois plus forte que celles des branches. Le fût prolongé jusqu'au bourgeon terminal prend le nom de tige. C'est de l'accroissement de la tige que nous nous occuperons à peu près exclusivement, sauf à dire quelques mots des autres parties de l'arbre.

Il est évidemment facile, lorsqu'on dispose d'un nombre suffisant de sections prises à des niveaux connus dans une tige d'arbre, de tracer sa section longitudinale à tous les âges par lesquels elle a passé, puisqu'on peut directement, sur ces sections, mesurer le diamètre moyen à tous les âges et à tous les niveaux. Ces données suffisent donc pour pouvoir écrire l'histoire entière du développement de la tige depuis sa naissance. Nous appelons *analyse de tige* l'opération par laquelle on étudie sur un arbre, au moyen de l'examen de sections transversales, les diverses phases de ses accroissements.

Lors des études du genre de celles qui nous occupent on substitue ordinairement aux accroissements annuels des accroissements *moyens périodiques*. C'est-à-dire que si l'on veut connaître l'accroissement de la hauteur pendant la 90e année, on mesure l'accroissement total d'une période, de 10 ans par exemple, s'étendant de 85 à 95 ans, et on en prend la dixième partie comme accroissement annuel à 90 ans. Ce procédé a l'avantage d'éliminer l'influence de circonstances exceptionnelles qui peuvent se présenter une année et en même temps de diminuer l'importance relative des erreurs de mesure.

Détermination de l'âge de l'arbre. — Supposons donc que nous ayons à notre disposition, pour l'analyser, la tige d'un arbre abattu. Nous commencerons par déterminer son âge en comptant les accrois-

sements sur la souche ou sur la section la plus basse dont nous disposons. Il est important que cette section soit assez basse pour rencontrer la première pousse qui souvent ne s'élève pas à plus de quelques centimètres du sol.

Le comptage des couches annuelles ne présente ordinairement pas de difficultés. Lorsque les accroissements sont peu distincts il suffit souvent de polir la section avec un rabot ou un instrument bien tranchant. Parfois l'usage de la loupe est nécessaire pour des accroissements très minces; on peut aussi dans ce cas faire des sections obliques sur lesquelles les couches annuelles paraissent plus larges. Si ces moyens ne suffisent pas on recourt à l'emploi de colorants. En forêt, il suffit habituellement de passer sur la section le doigt chargé d'un peu d'humus. Au cabinet on emploie divers procédés. Pour les bois qui ont les vaisseaux très petits on utilise de l'encre diluée d'eau, pour ceux à vaisseaux larges on emploie le bleu d'outre-mer. D'autres recommandent de badigeonner successivement avec du ferrocyanure de potassium puis avec du chlorure de fer. D'autres encore préfèrent de l'alcool coloré par de l'aniline, etc. Toutes ces matières colorent inégalement les différentes parties des couches annuelles qui, par suite de leurs porosités différentes, absorbent plus ou moins de colorant; les limites des couches annuelles sont ainsi rendues plus visibles.

On voit parfois des couches annuelles qui sont séparées en deux parties par une ligne qui peut faire croire à la présence de deux accroissements là où il n'y en a qu'un et produire des erreurs dans la détermination de l'âge. Ces fausses lignes d'accroissement tiennent à des suspensions momentanées de la végétation dues ordinairement à la perte des feuilles (par les dégâts des gelées, les ravages des hannetons, chenilles, etc.) ou à une sécheresse prolongée de l'été.

Le plus souvent les fausses lignes d'accroissement sont facilement reconnaissables à ce qu'elles ne se prolongent pas sur tout le tour ou toute la longueur de la tige. En les examinant à la loupe on voit que leur tissu plus serré passe par une transition insensible au tissu plus mou qui suit, tandis que la limite entre le bois d'automne d'un accroissement et le bois de printemps de l'accroissement suivant est

très nettement tranchée[1]. Les secondes évolutions de bourgeons en été, ou secondes pousses, ne donnent jamais lieu à de fausses lignes d'accroissements. Celles-ci, sans être très fréquentes, se rencontrent chez toutes les essences, surtout chez le cerisier et le troëne où elles sont communes[2].

Aussi est-il toujours prudent, lorsqu'on compte les accroissements, de s'aider de couches caractéristiques qui servent de point de repère. Ainsi dans certaines régions la couche de 1858 est exceptionnellement étroite; sur certaines essences, celle de 1870 est très large, etc. En Autriche on a trouvé que, en 1728, 1802, 1811, 1822, 1830, 1842, 1847, 1849, 1857, 1861, 1863, 1874, les accroissements du pin laricio avaient été exceptionnellement étroits; en 1727, 1756, 1769, 1840, 1841, 1846, 1848, 1855, 1862, 1866, 1867, 1871, ils ont été exceptionnellement larges.

Enfin, il peut arriver que des couches annuelles fassent défaut sur une des faces de l'arbre. Des arbres très dominés dans un massif continuent parfois à former des accroissements dans le haut alors qu'il ne s'en produit plus dans le bas[3]. On a même observé des jeunes épicéas et pins sylvestres qui, dans de très mauvaises conditions de végétation, sont restés plusieurs années sans former d'accroissements visibles[4].

Mais tous ces cas particuliers sont heureusement assez rares et, dans l'immense majorité des cas, on peut, sans arrière-pensée, admettre comme âge de l'arbre celui donné par le comptage des accroissements sur une section opérée au niveau du sol.

---

1. A défaut d'autre procédé on peut recourir à l'emploi du microscope. Dans le bois de printemps, les cellules sont plus grandes et à parois plus minces; leur lumen forme un rectangle allongé dans le sens du rayon. Dans le bois d'automne, le lumen est réduit à n'être plus qu'une fente dont la longueur est dirigée perpendiculairement au rayon. (M. Mer, *Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXXIX, séance du 12 février 1892.)

2. H. Nordlinger, *Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers*. Stuttgart, 1872, p. 10 et 11.

3. Ratzeburg, *Waldverderbniss*, II, p. 102 et 298; R. Hartig, *Botanische-Zeitung*, 28e année, 1870, n° 32 du 12 août. Voir aussi l'*Expérimentation forestière*, par MM. Reuss et Bartet, p. 301.

4. H. Nordlinger, *Der Holzring*, p. 10.

Mesure de l'accroissement en hauteur. — De même que le nombre d'accroissements visibles sur la section faite rez terre donne le nombre d'années écoulé depuis que la première pousse a dépassé le niveau du sol, de même la section faite à un niveau h donnera, par le nombre de ses accroissements, le temps depuis lequel l'arbre a formé des pousses annuelles au-dessus de la hauteur h.

En d'autres termes, si N est l'âge d'un arbre, H sa hauteur totale, n le nombre des couches visibles à un niveau h, on pourra dire que dans les n dernières années de sa vie l'arbre a crû de la quantité $H - h$; ou bien encore qu'à l'âge $N - n$ l'arbre avait atteint la hauteur h.

Cette simple observation nous permet d'étudier le développement de la hauteur au moyen du seul comptage du nombre des couches annuelles à différents niveaux.

Remarquons que l'on peut faire varier h d'une quantité pouvant aller jusqu'à la longueur d'une pousse annuelle sans que n varie, de sorte que l'énoncé ci-dessus doit se modifier comme suit :

Si N est l'âge d'un arbre, H sa hauteur, n le nombre de couches visibles à une hauteur h, l'arbre a mis, à une année près et par défaut, $N - n$ années à atteindre la hauteur h ou encore la hauteur h a été atteinte dans le courant de la $(N - n)^e$ année.

Exemple[1]. — Supposons que nous ayons pris dans une tige de pin sylvestre des rondelles qui nous donnent les sections aux niveaux de 0m,20 — 1m,30 — 5m,30 — 9m,30 — 12m,30 — 14m,30 — 16m,30 — 18m,30 — 20m,30 — 21m,30 et que la hauteur totale soit 22m,50[2].

La première section nous montre 80 accroissements. Mais comme elle a été prise à 0m,20 du sol, nous estimons que les deux premiers accroissements formés ne sont pas visibles sur cette section et nous portons l'âge de l'arbre à 82 ans. Nous comptons les accroissements sur chaque section et formons le tableau qui suit :

---

1. Von Guttenberg, *in Handbuch der Forstwissenschaft*, t. II, p. 193-195.

2. On prend généralement ces rondelles plus rapprochées dans le bas et dans le haut de la tige, parce que dans la première jeunesse et dans l'âge avancé, l'accroissement de la hauteur est plus lent qu'à l'âge moyen. On s'arrange pour avoir parmi les sections à étudier celle à hauteur d'homme.

Hauteur des sections au-dessus du sol.	0m,20	1m,30	5m,30	9m,30	12m,30	14m,3	16m,3	18m,3	20m,3	21m,3	22m,50
Nombre de couches annuelles visibles.	80	76	71	63	57	51	43	32	19	10	»
Age auquel la hauteur des sections a été atteinte.	2	6	11	19	25	31	39	50	63	72	82

Ce tableau nous donne à une année près et par défaut les âges auxquels ont été atteintes les hauteurs $0^m,2$, $1^m,30$, etc. Si nous voulons connaître les hauteurs aux âges de 10, 20, 30 ans, etc., nous emploierons le procédé d'interpolation graphique suivant :

Soient (fig. 1) deux axes de coordonnées rectangulaires ; construisons une courbe dont les abscisses soient proportionnelles à l'âge de l'arbre et les ordonnées aux hauteurs correspondantes.

Les données du tableau ci-dessus nous permettront de fixer un

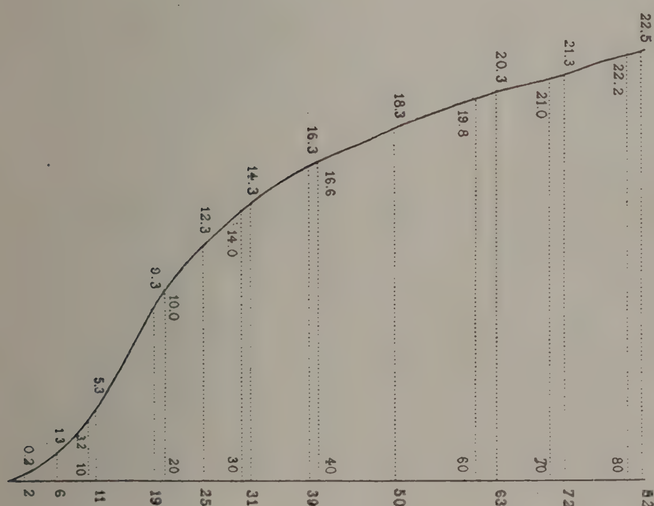


Fig. 1. — Développement en hauteur d'un pin sylvestre.

certain nombre de points de cette courbe ; nous la traçons d'un trait continu et une simple mesure d'ordonnée nous permet alors de déterminer la hauteur à un âge quelconque.

C'est ainsi que pour l'exemple choisi nous trouverons les résultats suivants :

AGES.	HAUTEURS.	ACCROISSEMENTS périodiques.	ACCROISSEMENTS moyens, périodiques ou annuels.
—	—	—	—
Années.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
0.	0.0		
10.	3.2	3.2	0.32
20.	10.0	6.8	0.68
30.	14.0	4.0	0.40
40.	16.6	2.6	0.26
50.	18.3	1.7	0.17
60.	19.8	1.5	0.15
70.	21.0	1.2	0.12
80.	22.2	1.2	0.12

Accroissement transversal. — Soit un arbre âgé de 100 ans; pour rechercher comment son diamètre a crû au niveau *h*, découpons une rondelle qui nous donne sur une de ses faces[1] la section au niveau *h*. Faisons *aplanir* et polir avec soin cette section. Nous comptons ses accroissements : ils sont au nombre de 35, ce qui nous montre déjà que l'arbre a mis 100 — 35 = 65 ans à atteindre le niveau *h*, de sorte que les accroissements formés à ce niveau sont dus aux 35 dernières années de sa vie.

Pour connaître la grandeur du diamètre à 90 ans, comptons à partir de l'écorce de la rondelle 10 couches annuelles et nous arrivons à la limite du 90ᵉ accroissement dont nous traçons exactement la circonférence au crayon. Nous mesurons son diamètre puis nous recommençons à compter 10 couches en allant toujours du bord vers le centre, nous délimitons le 80ᵉ accroissement, nous mesurons encore le diamètre, et ainsi de suite. Nous pouvons, par ce procédé, trouver la valeur du diamètre à tous les âges et à tous les niveaux.

Pour obtenir le diamètre moyen d'une section il suffit, lorsque son contour est sensiblement une circonférence de cercle, de me-

1. On choisit ordinairement la face inférieure à cause de la rondelle de base dont il y a intérêt à considérer la face la plus rapprochée du sol.

surer deux diamètres perpendiculaires. Si la forme de la section est plus irrégulière, sans pourtant être trop sinueuse (comme c'est le cas pour le chêne, le hêtre, etc.), on mesure 3 ou 4 diamètres faisant entre eux des angles égaux et on en prend la moyenne. Dans le cas de contours très irréguliers, au lieu de mesurer des diamètres, on mesure la surface de la section et on prend comme diamètre moyen celui du cercle de même surface. Voici comment on opère dans ce dernier cas. On trace (fig. 1 *bis*), d'une façon convenable, quatre diamètres OA, OB, OC, OD déterminant quatre secteurs dont les angles au centre sont α et β. On mesure alors la surface des secteurs OAMB en la décomposant en un triange OAB dont on calcule facilement la surface et en un segment AMB dont on mesure l'aire au planimètre après en avoir décalqué le contour sur une feuille de papier, si cela est nécessaire. Connaissant la surface des quatre secteurs on la multiplie par le rapport $\frac{360}{2\alpha + 2\beta}$ ou $\frac{180}{\alpha + \beta}$, α et β étant les angles au centre mesurés en degrés et on a ainsi la surface de la section. Il est inutile de faire remarquer que tout cela suppose que la face de la rondelle sur laquelle on opère est bien plane.

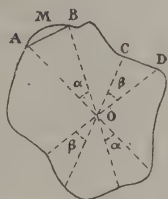


Fig. 1 *bis*.

Des accroissements du diamètre on déduit ceux des surfaces transversales ou accroissements circulaires au moyen de tables spéciales [1].

Accroissements du volume. — Nous possédons maintenant tous les éléments nécessaires pour calculer aussi exactement que nous le voudrons le volume de la tige à tous les âges, par exemple à des intervalles de 5 ou de 10 ans qui sont ceux ordinairement adoptés. Connaissant les volumes à 5, 10, 15 ans, etc., rien n'est plus facile

---

1. Nous recommandons d'une façon toute particulière les tables de M. Kunze (*Hilfstafeln für Holzmassen-Aufnahmen;* Berlin, chez Parey, 1884), qui présentent le triple avantage d'être portatives, simples et *correctes*. On y trouve les surfaces des cercles dont les diamètres varient de millimètre en millimètre depuis 1 jusqu'à 999.

que d'en déduire les accroissements périodiques et ceux moyens périodiques ou annuels[1].

Exemple d'une analyse de tige[2]. — On a pris, dans un peuplement provenant de régénération artificielle et d'âge bien sûrement connu, un jeune épicéa de 45 ans. On en a découpé des rondelles qui nous donnent les sections aux niveaux de $0^m,10$ — $1^m,3$ — $3^m,3$ — $5^m,3$, etc., jusqu'à $19^m,3$; la hauteur totale était $21^m,4$.

Le comptage des couches et le mesurage des diamètres donna les résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

SECTIONS.		NOMBRE des couches annuelles.	DIAMÈTRES MOYENS, EN CENTIMÈTRES, AUX AGES									DIAMÈTRES, écorce comprise.
Nos	Hauteurs.		de 5 ans	de 10 ans	de 15 ans	de 20 ans	de 25 ans	de 30 ans	de 35 ans	de 40 ans	de 45 ans	
	mètr.											
1	0.1	43	1.3	3.4	9.4	14.8	19.1	21.8	24.9	28.4	31.3	32.7
2	1.3	37	»	1.0	6.5	11.4	15.0	17.4	19.5	21.9	23.9	24.9
3	3.3	33	»	»	3.8	9.4	13.7	16.35	18.7	21.1	22.9	24.0
4	5.3	30	»	»	»	5.3	10.7	14.2	17.0	19.45	21.4	22.4
5	7.3	26	»	»	»	0.9	6.4	10.9	14.6	17.6	20.0	21.0
6	9.3	23	»	»	»	»	3.5	8.5	12.8	16.3	18.7	20.0
7	11.3	19	»	»	»	»	»	4.7	9.9	14.2	17.0	17.8
8	13.3	16	»	»	»	»	»	1.5	6.6	11.5	14.9	15.8
9	15.3	12	»	»	»	»	»	»	2.6	7.9	11.9	12.7
10	17.3	9	»	»	»	»	»	»	»	4.8	9.25	9.8
11	19.3	6	»	»	»	»	»	»	»	1.0	4.8	5.4

Ce tableau obtenu, on construit habituellement une section longitudinale de l'arbre, la courbe de l'accroissement de la hauteur et

1. Les analyses de tiges sont connues et pratiquées en France depuis longtemps. On en trouve une indication dans le IIIe volume des *Annales forestières*, dans un article de M. de Lagibertie (1844). — Déjà M. Poirson, dans le Ier volume (1842) de ces Annales, avait donné le résultat de cinq analyses de tiges basées, il est vrai, sur l'étude d'une seule section. — Enfin, un article de M. Godchaux, dans le VIIIe volume de la *Revue des eaux et forêts* (1869), prouve que de véritables analyses de tiges ont été faites par des commissions d'aménagement il y a plus de 25 ans, et les études sur l'aménagement de M. Tassy (dont la première édition date de 1872), renferment une description sommaire d'un procédé d'analyse de tiges (p. 75 de l'édition de 1887).

2. Nous empruntons cet exemple à M. de Guttenberg (*Handbuch der Forstwissenschaft*, de M. Lorey, t. II, p. 213 à 215).

celle de l'accroissement du diamètre à hauteur d'homme (fig. 2, 3 et 4).

Parmi les divers dispositifs que l'on peut adopter pour calculer les accroissements du volume, nous choisirons le suivant où, au

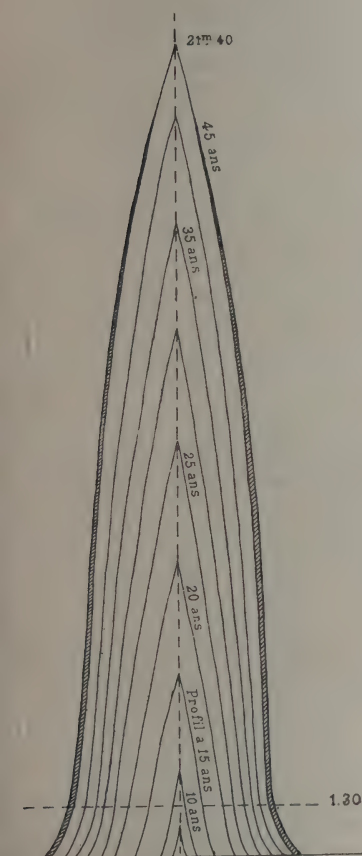


Fig. 2.

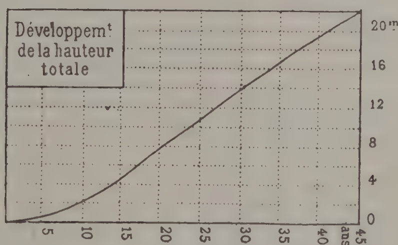


Fig. 3.

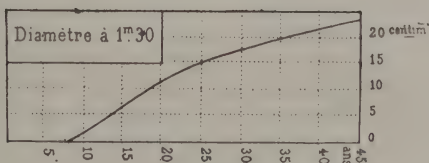


Fig. 4.

moyen des surfaces des sections transversales aux différents niveaux, nous arrivons à déterminer le volume de la tige à tous les âges (fig. 5) et les accroissements de ce volume par différence (fig. 6).

HAUTEUR DE LA SECTION.	SURFACES, EN CENTIMÈTRES CARRÉS, DES SECTIONS, AUX AGES									SURFACES, écorce comprise.
	de 5 ans	de 10 ans	de 15 ans	de 20 ans	de 25 ans	de 30 ans	de 35 ans	de 40 ans	de 45 ans	
mètres.										
1.3	»	»	33	102	177	238	299	376	418	487
3.3	»	»	11	70	148	210	275	349	413	451
5.3	»	»	»	22	89	158	227	297	361	392
7.3	»	»	»	»	32	94	167	213	315	315
9.3	»	»	»	»	10	56	129	209	274	303
11.3	»	»	»	»	»	17	78	159	226	249
13.3	»	»	»	»	»	»	34	104	175	196
15.3	»	»	»	»	»	»	5	49	111	126
17.3	»	»	»	»	»	»	»	18	67	75
19.3	»	»	»	»	»	»	»	»	18	22
Totaux . . .	»	»	44	194	456	773	1214	1804	2408	2616
Volume des billons de 2 mètr. de long en dix millièmes de m. c.	»	»	88	388	912	1546	2428	3608	4816	5292
Volume du billon entre la découpe et $0^m,30$ de hauteur.	»	»	14	34	58	70	90	120	116	160
Volume des parties coniques . .	0.7	8	»	9	»	7	»	4	3	4
Volume total. .	0.7	8	102	431	970	1623	2518	3732	4965	5156

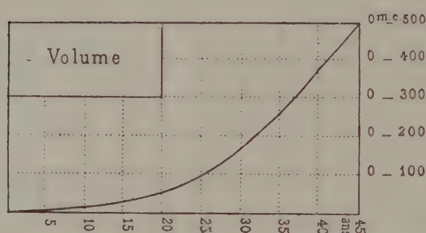


Fig. 5.

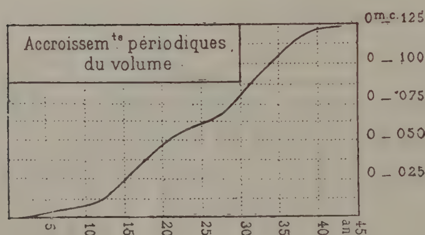


Fig. 6.

Les tiges de 5 et 10 ans ont été cubées directement comme des cônes; pour les autres âges on a cubé la tige à partir de $0^m,10$ du sol et le volume du petit billon compris entre $0^m,10$ et $0^m,30$ a été déterminé au moyen de la mesure de son diamètre moyen sur la section longitudinale. On résume ordinairement les résultats dans un tableau auquel on peut donner la forme suivante :

Analyse de la tige d'un épicéa âgé de 45 ans.

AGES en ANNÉES.	DIAMÈTRE A $1^m,30$. Total.	DIAMÈTRE A $1^m,30$. Accroissements périodiques.	HAUTEUR Totale.	HAUTEUR Accroissements périodiques.	VOLUME. Total.	VOLUME. Accroissements périodiques.	COEFFICIENT de forme.	TAUX de l'accroissement du volume.
	centimèt.	centimèt.	mètres.	mètres.	m. cubes.	m. cubes.		
5. . .	»		0.7		0.0001		»	
10. . .	1.0	»	2.0	1.3	0.0008	0.0007	»	»
15. . .	6.5	5.5	4.8	2.8	0.0102	0.0094	0.614	»
20. . .	11.4	4.9	7.8	3.0	0.0431	0.0329	0.512	33.4
25. . .	15.0	3.6	10.9	3.1	0.0970	0.0539	0.503	17.6
30. . .	17.4	2.4	13.9	3.0	0.1623	0.0653	0.490	10.8
35. . .	19.5	2.1	16.7	2.8	0.2518	0.0895	0.505	9.2
40. . .	21.9	2.4	19.3	2.6	0.3732	0.1214	0.514	8.2
45. . .	23.9	2.0	21.4	2.1	0.4965	0.1233	0.518	5.7
Écorce comprise . .	24.9	»	21.4	»	0.5456	»	0.524	»

OBSERVATION. — Le taux d'accroissement du volume a été déterminé par la formule

$$t = \sqrt[p]{\frac{V}{v}} - 1.$$

§ 3. — Tracés graphiques. — Accroissements annuels et moyens.

Tracés graphiques. — Lorsque nous étudierons les variations d'une des grandeurs — hauteur, forme, volume, etc. — que nous considérons dans un arbre ou dans un peuplement, nous le ferons toujours en fonction du temps; c'est-à-dire que supposant le temps (l'âge) croissant uniformément, nous chercherons comment varie, avec le temps, la grandeur considérée.

Nous savons que les accroissements se font d'une manière intermittente, l'activité végétative restant suspendue pendant une partie de l'année. Si nous voulons, par exemple, considérer la hauteur d'un arbre comme une fonction du temps qui s'est écoulé depuis sa naissance, ou de son âge, cette fonction sera une fonction discontinue.

Traçons deux axes de coordonnées, portons-y comme abscisses des longueurs proportionnelles au temps et comme ordonnées des longueurs proportionnelles à la hauteur. Nous aurons, pour repré-

senter le développement de la hauteur, la ligne tracée en trait plein sur la figure 7, c'est-à-dire une série de lignes courbes, correspondant aux périodes d'activité, reliées par des droites horizontales correspondant aux périodes de repos.

A la ligne ainsi tracée, substituons-en une que nous obtiendrons en joignant par un trait continu les points A B C D, etc. ; cette der-

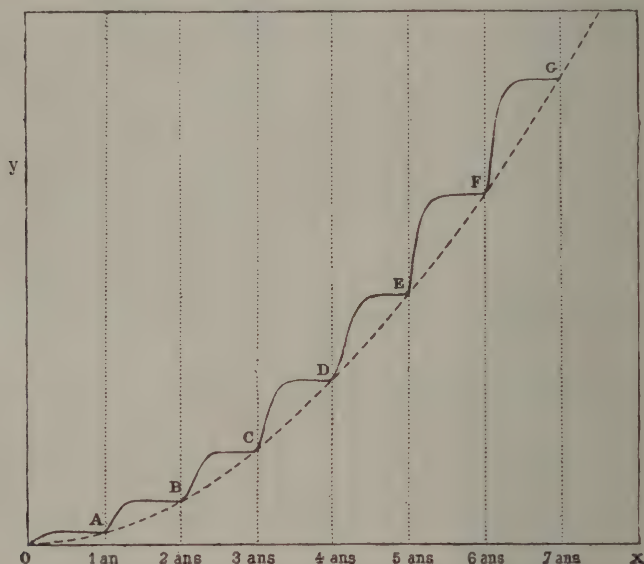


Fig. 7.

nière pourra, sans inconvénient pour nos études, remplacer la précédente. En effet, nous ne considérons les grandeurs que nous observons qu'aux âges de 1, 2..... n ans révolus et, pour ces âges, la deuxième courbe donne les mêmes valeurs que la première. Tout se passe, avec cette restriction que nous ne considérons que les points correspondant exactement aux âges 1, 2..... n, comme si la loi de variation de la hauteur était réellement représentée par la ligne courbe ABCD tracée en pointillé sur la figure 7.

Nous pouvons, grâce à cet artifice, considérer les développements en hauteur, diamètre, etc., comme des fonctions continues du temps, les représenter par des courbes, et appliquer à ces courbes les principes du calcul différentiel.

Accroissements annuels et moyens. — Nous avons vu que si a est l'accroissement pris par un arbre pendant une période de p années, on donne à la grandeur a le nom d'accroissement périodique et le quotient $\frac{a}{p}$ se nomme l'accroissement moyen périodique. Si nous faisons commencer la période à la naissance de l'arbre, l'accroissement périodique deviendra l'accroissement total et l'accroissement moyen périodique sera l'accroissement moyen total ou, par abréviation, l'accroissement moyen. Celui-ci est donc la moyenne arithmétique de tous les accroissements annuels depuis la naissance jusqu'à l'âge considéré. Si H_n est la hauteur d'un arbre à l'âge n, et α_n son accroissement moyen à cet âge, et $a_1\ a_2\ a_3 \ldots\ldots a_n$ ses accroissements annuels pendant les 1re, 2e..... ne années nous aurons, par définition,

$$\alpha_n = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots\ldots + a_n}{n} = \frac{H_n}{n}.$$

Relations entre l'accroissement annuel et l'accroissement moyen. — Soit MN une courbe rapportée aux axes de coordonnées $0x\ 0y$ (fig. 8). Soit OP l'abscisse du point M. La tangente de l'angle MOP a pour mesure le rapport $\frac{MP}{OP}$. Si MP représente une hauteur H_n, OP sera l'âge correspondant n, et $\frac{H_n}{n}$ est l'accroissement moyen à l'âge n. D'où cette conclusion que l'accroissement moyen à un âge OP est mesuré par le coefficient angulaire de la droite OM.

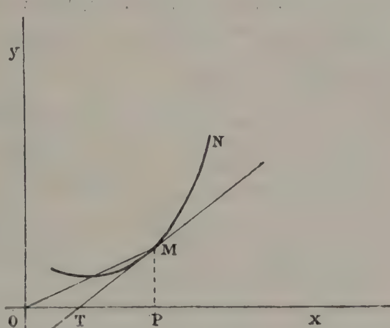


Fig 8.

D'un autre côté, soit MT la tangente en M. Le coefficient angulaire de MT, ou tangente trigonométrique de l'angle MTP est $\frac{dy}{dx}$. Si nous mesurons (comme nous sommes convenus de le faire) l'accroissement de l'ordonnée en prenant pour unité celui de l'abscisse,

la tangente MTP mesurera la rapidité de l'accroissement à l'âge considéré OP.

Ainsi pour un âge quelconque OP l'accroissement courant (ou annuel, sera représenté par le coefficient angulaire de la tangente au point correspondant à cet âge et l'accroissement moyen par celui de la ligne qui joint le point en question à l'origine.

Si l'accroissement de la grandeur considérée va en augmentant, si son développement devient de plus en plus rapide, le coefficient angulaire de la tangente à la courbe ira en augmentant et cette courbe sera concave vers le haut[1]. Si les accroissements après être allés en grandissant passent par un maximum, puis décroissent, la courbe d'abord concave deviendra convexe et le point d'inflexion correspondra à l'époque du maximum de l'accroissement.

Or, nous verrons bientôt que la plupart des grandeurs que nous avons à étudier suivent, en effet, cette marche dans leur développement. L'accroissement devient de plus en plus rapide pendant les premières années de la vie ; puis il reste un moment stationnaire, passant par un maximum à partir duquel il décline d'une façon continue. La loi de variation de notre grandeur sera donc représentée graphiquement par une courbe passant par l'origine et en forme de $\int$, c'est-à-dire d'abord concave, puis convexe (fig. 9).

Menons par l'origine une tangente OM à cette courbe.

Le point de contact — unique — M sera, d'après ce que nous venons de voir, au delà du point d'inflexion I. Pour ce point M l'accroissement moyen et l'accroissement annuel seront égaux. Il est du reste évident que tangente MOP est la plus grande valeur que puisse prendre le coefficient angulaire d'une ligne analogue à OM puisque, par hypothèse, la courbe restant convexe vers le haut à partir du point I, elle est entièrement au-dessous d'une de ses tangentes.

Or, la forme même de la figure nous montre que pour tout point M'

---

1. Cela peut passer pour évident. Cependant on démontre dans les cours de calcul différentiel qu'une courbe est concave ou convexe vers le haut (est au-dessus ou au-dessous de sa tangente) au point x. y. suivant que $\frac{d^2y}{dx^2} \gtrless 0$; c'est-à-dire suivant que $\frac{dy}{dx}$ va en augmentant ou en diminuant. (Voir, pour une démonstration, le *Traité de calcul différentiel* de M. Bertrand. Paris, 1864, t. Ier, § 492.)

correspondant à un âge plus élevé que celui auquel correspond M, le coefficient angulaire de la ligne OM′ sera plus grand que celui de la tangente M′T′, tandis que pour un point M″, à gauche de M, ce sera le contraire. Nous en concluons immédiatement ce théorème important[1].

Si l'accroissement courant (ou annuel) passe par un maximum unique, il en sera de même pour l'accroissement moyen ;

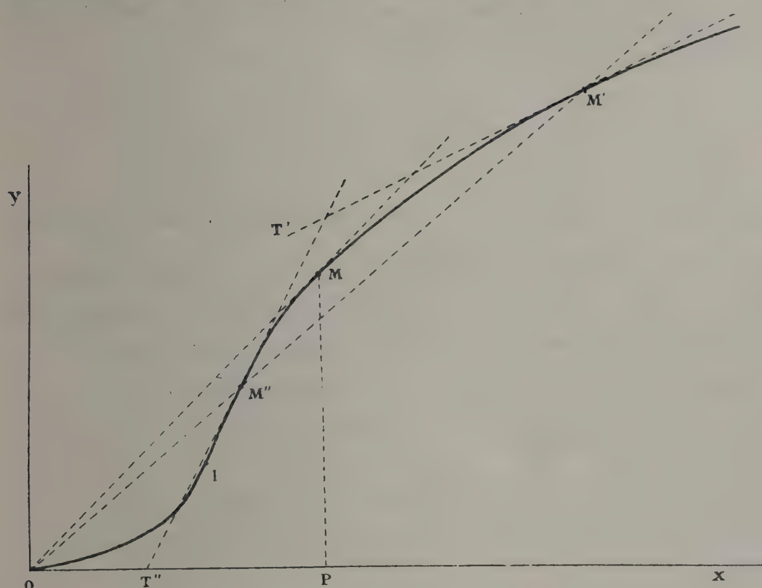


Fig. 9.

Au moment du maximum de l'accroissement moyen il est égal à l'accroissement courant ;

Le maximum de l'accroissement moyen se produit plus tard que celui de l'accroissement courant ;

Avant son maximum, l'accroissement moyen est inférieur à l'accroissement courant et il lui est supérieur après.

Ces relations entre les accroissements courants (ou annuels) et les accroissements moyens sont d'une telle importance[2] que nous en donnerons encore deux autres démonstrations.

---

1. Cette démonstration graphique est inédite.

2. En effet, ce sont les accroissements annuels qu'on observe sur le terrain, tandis que ce sont les accroissements moyens qui interviennent pour influencer le revenu d'une forêt aménagée.

Soit x l'âge, notre variable indépendante, y la grandeur que nous étudions. L'accroissement annuel ou courant à l'âge x est $\frac{dy}{dx}$, l'accroissement moyen $\frac{y}{x}$.

L'accroissement moyen ira en croissant, passera par un maximum, ou ira en décroissant suivant que sa différentielle sera positive, nulle ou négative, c'est-à-dire suivant que

$$\frac{x\frac{dy}{dx} - y}{x^2} \gtreqless 0$$

Or, si $x\frac{dy}{dx} - y$ ou $\frac{dy}{dx} - \frac{y}{x} > 0$, l'accroissement moyen sera inférieur à l'autre, il en résulte que tant que l'accroissement moyen est le plus petit des deux il va en croissant avec l'âge, qu'il passe par un maximum lorsqu'il est égal à l'accroissement annuel, puis il va en décroissant et est supérieur à l'accroissement annuel.

Voici enfin une troisième démonstration que nous empruntons à Charles Heyer [1].

Soient $a_1 a_2 a_3 \ldots\ldots a_n$ les accroissements formés pendant les n premières années; soit α_n l'accroissement moyen à l'âge n. On a, par définition

$$(n + 1)\,\alpha_{n+1} - n\,\alpha_n = a_{n+1}$$

d'où

$$n_n\,(\alpha_{+1} - \alpha_n) = a_{n+1} - \alpha_{n+1}$$

c'est-à-dire que

$$\alpha_{n+1} \gtreqless \alpha_n \text{ suivant que } a_{n+1} \gtreqless \alpha_{n+1}$$

ou, en langage ordinaire, l'accroissement moyen ira en croissant ($\alpha_{n+1} > \alpha_n$) lorsqu'il sera inférieur à l'accroissement annuel ($\alpha_{n+1} > a_{n+1}$), il culminera lorsqu'il lui sera égal [2], et diminuera lorsqu'il lui sera supérieur.

---

1. *Waldertragsregelung*, 3ᵉ édition. Leipzig, 1883, p. 24.

2. On sait qu'un maximum ou un minimum d'une fonction sont caractérisés par ce fait que dans le voisinage de ce maximum ou minimum, la variation de la fonction est nulle pour des variations infiniment petites de la variable indépendante.

§ 4. — Recherches des lois de l'accroissement.

Si nous faisons abattre un arbre dans une parcelle de forêt et que, par l'analyse de sa tige, nous étudions les lois de son développement, nous constaterons, en général, des irrégularités plus ou moins grandes. L'accroissement se fera souvent d'une manière capricieuse ; tantôt il ira en croissant, tantôt en décroissant, passant par une succession de maxima et de minima plus ou moins nombreux.

A côté de ce premier arbre prenons-en plusieurs autres, de même essence, nés à la même époque, ayant crû sur le même sol, dans le même climat et dans des conditions parfaitement identiques. Établissons pour chacun d'eux la hauteur par exemple, de 5 en 5 ans, faisons les moyennes de toutes les hauteurs pour le même âge. Si nous construisons maintenant un tracé graphique du développement de la hauteur, en nous servant de ces moyennes, nous voyons que les irrégularités seront bien atténuées. Si nous prenons des arbres suffisamment nombreux, et si nous avons soin de les choisir réellement comparables à tous égards, nous finissons par éliminer toutes les variations individuelles ou accidentelles qui viciaient chacun de nos résultats isolés et nous obtenons une ligne qui nous représente exactement la loi naturelle du développement de la hauteur dans les conditions où nous nous sommes placés.

Changeant alors de champ d'expériences nous pourrons étudier la même essence sous un autre climat, ou sur un autre sol, ou soumise à un traitement différent ; nous en déduirons l'influence du sol et du climat (influence qu'on réunit ordinairement sous le nom de *conditions de station*) et du traitement sur le développement des essences.

Il est bien évident qu'on n'arrive ainsi à des résultats sérieux qu'au moyen d'un très grand nombre de mesurages, et c'est ici que se manifeste la nécessité d'un personnel spécial, puissamment organisé pour se livrer à des recherches de ce genre avec les pouvoirs et aux frais d'une administration. Vouloir déduire les lois de la végétation d'un petit nombre d'observations faites sur des arbres pris çà et là,

ayant crû dans des conditions diverses, souvent anormales et presque toujours inconnues est évidemment une entreprise chimérique. Aussi ne citerons-nous les résultats fournis par des recherches de ce genre que lorsqu'ils concorderont avec ceux obtenus par des expériences pratiquées sur une plus large échelle.

Pour donner une idée du nombre des mesurages qui servent de base aux déductions des stations de recherches allemandes, citons quelques chiffres.

Il a été publié récemment des tables donnant pour tous les âges, hauteurs et diamètres des arbres des principales essences de l'Allemagne, le coefficient de forme, le volume total et le rapport de ce volume à celui des branches et du menu bois. Le nombre d'arbres soumis aux expériences a été de 55,874 pour l'épicéa [1], de 17,059 pour le pin sylvestre [2] et de 5,443 pour le sapin [3].

Le livre de M. Schuberg, sur le sapin [4], est basé sur 400 analyses de tige, 1,383 cubages détaillés d'arbres et 240 cubages de peuplements dans 62 places d'essai dont quelques-unes sont suivies depuis l'année 1843.

Les excellentes tables de production pour l'épicéa publiées en 1890, par M. Schwappach, sont basées sur 873 cubages de peuplements effectués dans 472 places d'essai.

Le travail de M. R. Hartig, sur le bois du hêtre, est basé sur plus de 100 analyses de tiges, etc., etc.

Pouvons-nous, après cela, admettre que les lois de la végétation, telles qu'elles résultent des travaux allemands, sont définitivement établies ?

Ici il nous faut faire une distinction.

---

1. Le volume relatif à l'épicéa (*Formzahlen und Massentafeln der Fichte,* Berlin, P. Parey, édit. 1890) est dû à la plume d'un des doyens de l'enseignement forestier en Allemagne, M. le Dr F. von Baur, de la station bavaroise.

2. Le volume du pin (*Formzahlen und Massentafeln der Kiefer.* Berlin, chez Parey, 1890) est dû à la station de recherches prussienne et a été publié par son très distingué et infatigable directeur, M. le Dr A. Schwappach.

3. *Formzahlen und Massentafeln für die Weisstanne.* Berlin, chez Parey, 1891, par M. Schuberg.

4. *Aus deutschen Forsten, die Weisstanne.* Tubingue, 1888.

Les études sur les arbres sont faciles, grâce à l'analyse de tiges qui nous donne la marche du développement des tiges et aux très nombreuses expériences qui nous donnent d'une façon certaine le volume des branches en fonction de celui des tiges. Pour multiplier ces analyses il suffit d'avoir un personnel et des pouvoirs suffisants : rien de cela n'a fait défaut à nos laborieux et patients voisins. Aussi considérons-nous comme scientifiquement acquis ce que nous dirons des lois de la végétation des arbres.

Quant à l'étude des peuplements elle est, comme nous le verrons dans le IIe chapitre de ce travail, beaucoup plus difficile et surtout beaucoup plus longue. Un des livres les plus recommandables qui aient été publiés en Allemagne depuis une dizaine d'années sur ce sujet [1], reconnaît que les matériaux accumulés ne sont pas encore entièrement suffisants pour le sapin. On ne peut admettre comme définitif que ce qui se rapporte à cette essence considérée dans des conditions de croissance moyenne. On pourrait, croyons-nous, faire des réserves analogues au sujet de la plupart des autres essences, quoique les auteurs des diverses tables n'aient pas toujours fait le même aveu d'une façon explicite. Il reste, à notre avis, à confirmer et à compléter certains résultats ; mais il n'en est pas moins vrai que certains autres peuvent être considérés comme acquis et c'est sur ceux-là que nous insisterons particulièrement.

§ 5. — Les lois de l'accroissement en hauteur des arbres.

Nous ne nous occuperons ici que des arbres nés de semence, les rejets de souche ne sont à proprement parler que des sortes de branches excrues au niveau du sol d'une tige ravalée à ce niveau ; leur végétation varie suivant la plus ou moins grande facilité avec laquelle l'essence considérée produit de ces rejets et aussi suivant l'âge de la tige qu'on a recépée. Généralement les rejets de souche

1. *Aus deutschen Forsten, die Weisstanne*, par Schuberg. Tubingue, 1888, p. 83, lignes 5 à 8 ; p. 93, note.

ont un développement beaucoup plus rapide que les brins de semence, leurs accroissements annuels en hauteur et en diamètre atteignent leurs maxima dès la 1re ou la 2e année; en revanche on sait que leur croissance cesse de bonne heure, surtout sur les rejets de vieille souche. La différence entre le développement initial d'un rejet et celui d'un semis est d'ailleurs d'autant plus grande que la souche mère du rejet est plus âgée.

La figure 10 donnera une idée du développement en hauteur de rejets de souche de chêne et de saule marceau comparé à celui de

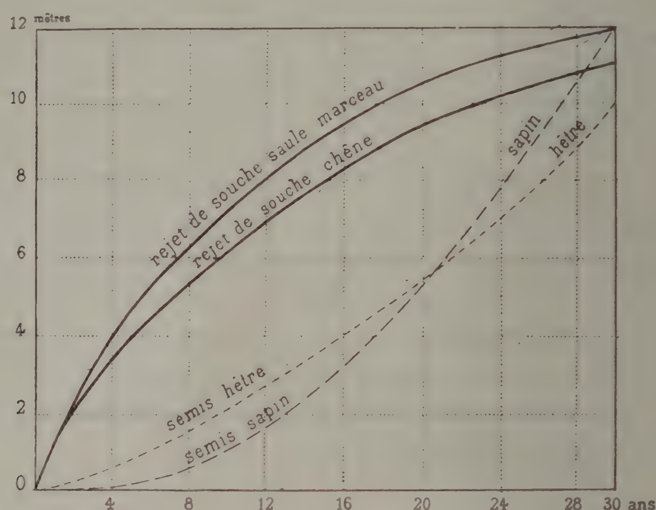


Fig. 10. — Développement de la hauteur.

brins de semence hêtre et sapin nés à la même époque et croissant côte à côte, sur le même sol[1].

Si nous considérons donc les brins de semence, on constate que pour toutes nos essences forestières, l'accroissement en hauteur est faible dans les premières années. Vers l'âge de 3 à 5 ans, ou même plus tard pour certaines essences, il augmente rapidement, si bien qu'il atteint sa valeur maxima à un âge très peu avancé, entre 10 et

1. Dans la forêt communale de Barr (Alsace), canton de Einung, d'après un travail de M. Rebmann, inséré dans le volume de 1881 de l'*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*.

50 ans, suivant les circonstances et les essences. Il ne se maintient généralement que peu de temps à cette valeur maxima et baisse assez rapidement chez les essences dont la croissance a été prompte au début (comme le pin, le mélèze, l'épicéa), plus lentement chez les autres, et finit par tomber à une valeur très faible (5, 10 centimètres) à laquelle il se maintient longtemps.

L'accroissement en hauteur ne cesse complètement, chez des arbres placés dans de bonnes conditions, qu'à un âge très avancé; plus tôt chez le pin et la plupart des feuillus que chez le sapin et l'épicéa. Ce dernier présente, surtout dans les forêts de montagne, un accroissement en hauteur soutenu jusqu'au delà de 200 ans. Le hêtre continue de même à s'élever encore notablement jusqu'à 150, 160 ans.

La longueur absolue des pousses annuelles varie suivant les essences. Les accroissements les plus rapides sont ceux qu'on observe chez les jeunes pins sylvestres, mélèzes et épicéas. Le hêtre et le sapin restent sensiblement en arrière dans la jeunesse mais, grâce à ce fait que leur accroissement persiste plus longtemps, ils finissent néanmoins par atteindre des hauteurs plus grandes que le pin ou le mélèze.

Les conditions de sol et de climat ont une influence prépondérante sur la marche comme sur la grandeur absolue des accroissements.

L'accroissement annuel en hauteur culmine d'autant plus tôt que les conditions de végétation sont meilleures. Sur des sols très médiocres ou dans les stations très élevées de la montagne, les variations de l'accroissement annuel sont faibles, on peut dire qu'il reste presque constant toute la vie de l'arbre (voir fig. 11).

L'accroissement en hauteur est si intimement lié aux conditions de sol et de climat que certains auteurs l'ont considéré comme caractéristique de ces conditions[1]. Tous les forestiers savent qu'aux

---

1. Baur, *Die Rothbuche*, p. 65 et 66; Lorey, *Ertragstafeln der Weisstanne.* Francfort, 1884, p. 56; R. Hartig, *Die Rentabilität der Fichten- und der Buchen-Brennholz-Wirthschaft.* Stuttgart, 1868, p. 46. — Ici encore, comme en tant d'autres cas, on pourrait revendiquer pour les forestiers français la priorité de cette observation. Voir *Traité d'aménagement*, de de Perthuis (an VIII et an XI), p. 166 et suivantes, où on exprime très clairement cette idée qu'on peut *mesurer* la qualité du sol par la longueur des pousses annuelles.

limites de leurs stations la plupart de nos arbres, même lorsqu'ils forment encore des forêts, dégénèrent en buissons. D'autre part, sous un même climat, les hauteurs totales des arbres peuvent varier au même âge du simple au double ou même au triple. C'est ainsi que l'épicéa qui, dans les bons sols, atteint 36 mètres de hauteur dans les Alpes autrichiennes, ne s'élève pas à plus de 12 mètres dans les sols mauvais (v. Guttenberg); que le pin sylvestre en Prusse atteint 28 mètres dans les bons sols et 14 mètres seulement dans les mauvais.

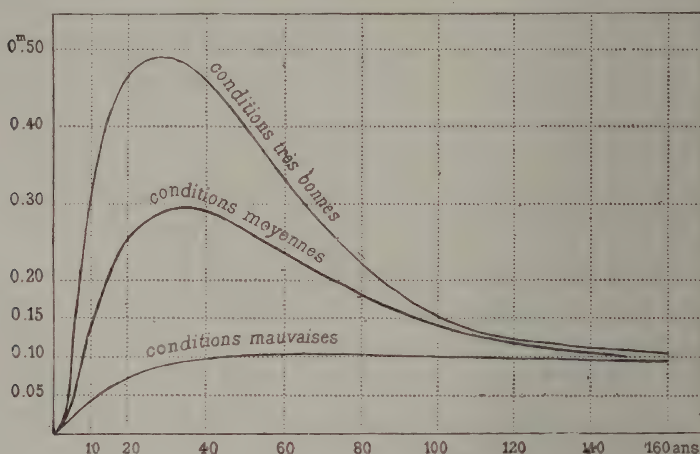


Fig. 11. — Accroissements annuels en hauteur de l'épicéa croissant en massif dans les Hautes-Alpes autrichiennes (d'après M. de Guttenberg).

On a observé depuis longtemps que les arbres isolés et ceux croissant dans des massifs très serrés se développaient plus lentement en hauteur et atteignaient des hauteurs moindres que ceux des massifs moyennement ou peu serrés. L'influence de la densité du massif se fait sentir sur le développement de la hauteur comme sur celui du diamètre, quoique d'une manière moins prononcée. Tout le monde sait que des arbres dominés finissent par cesser tout à fait de s'accroître en hauteur.

Il semble qu'il soit bien inutile d'insister sur ce fait que des arbres trop serrés se développent mal, tant en hauteur qu'en diamètre. Cependant comme on a cru, tout récemment, devoir présenter cette observation comme une découverte, nous ferons remarquer que le fait est connu

depuis longtemps. — Varenne de Fenille, dans son premier mémoire, (1790) signale les bons effets de l'éclaircie sur l'accroissement en hauteur de jeunes bois trop serrés. — Voici, littéralement traduit, ce qu'on lit page 16 du volume de M. v. Baur, sur l'épicéa (1876). « C'est une erreur que de croire qu'un état de massif très serré favorise l'accroissement de la hauteur des peuplements; au contraire, la lutte trop longue et trop rude entre les différentes tiges entrave le développement des hauteurs.... » Le même auteur s'exprime d'une manière analogue au sujet du hêtre en 1881 (*Die Rotbuche*, p. 115). Différents autres écrivains en 1885, 1888, etc., ont répété cette observation devenue pour ainsi dire banale dans le monde forestier.

On a cru remarquer que les chênes réservés au-dessus des taillis produisaient des pousses plus courtes les années qui suivent l'exploitation des taillis. Cette observation aurait besoin d'être confirmée.

Le chêne dont l'accroissement en hauteur est analysé ci-dessous ne présente pas ce phénomène.

AGES.	HAUTEURS	ACCROISSEMENTS annuels.	AGES.	HAUTEURS	ACCROISSEMENTS annuels.
années.	mètres.	mètres.	années.	mètres.	mètres.
0. . . .	0.0		43 . . .	14.60	
		0.26			0.10
3. . . .	1.30		48 . . .	15.10	
		0.60			0.11
8. . . .	4.30		53 . . .	15.65	
		0.61			0.09
13. . . .	7.35		58 . . .	16.10	
		0.55			0.08
18. . . .	10.10		63 . . .	16.50	Année de la coupe du taillis.
		0.30			0.08
23. . . .	11.60		68 . . .	16.90	
		0.22			0.06
28. . . .	12.70		73 . . .	17.20	
		0.15			0.05
33. . . .	13.45	Année de la coupe du taillis.	78 . . .	17.45	
		0.13			0.05
38. . . .	14.10		83 . . .	17.70	
		0.10			0.04
43. . . .	14.60		88 . . .	17.90	
					0.025
			92 . . .	18.00	

H. Nördlinger a fait remarquer (1872) que des résineux chez lesquels on avait enlevé les bourgeons latéraux présentaient ensuite un accroissement en hauteur plus rapide[1].

Les figures n°s 13 à 26 donneront la marche du développement de la hauteur chez quelques arbres pris dans différentes régions de la

1. Voir aussi dans le volume de 1890 de la *Revue des eaux et forêts*, un article de M. Mer, intitulé : *Moyens d'activer l'allongement des jeunes sapins*.

France. Elles sont tracées d'après des analyses de tiges effectuées par M. Bartet, à la station de recherches de Nancy, pour les n°s 13 à 22, par MM. Schæffer et Zæpfel, pour les n°s 23 à 26 (v. Planche I.)

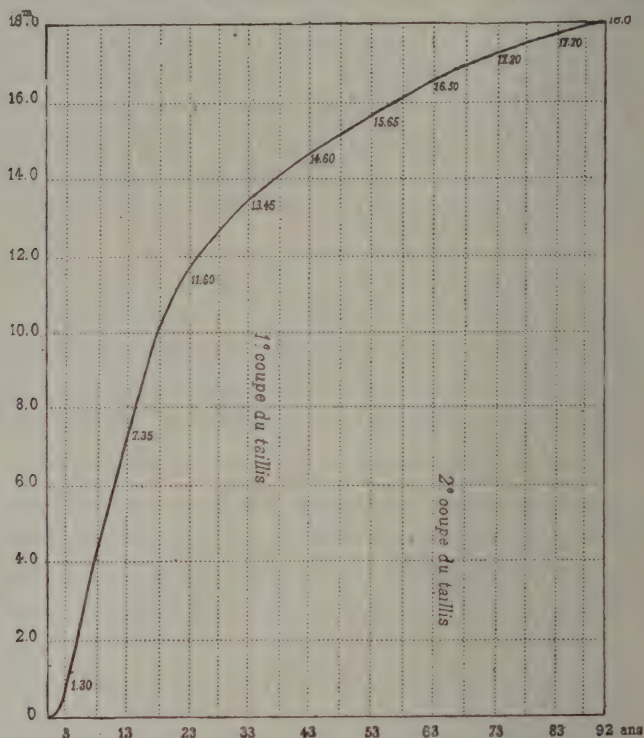


Fig. 12. — Chêne pédonculé, forêt de Champenoux (Meurthe-et Moselle). Réserve de taillis sous futaie, d'après une analyse de tige effectuée en 1892 par les élèves de l'École nationale forestière de Nancy.

Les figures n°s 27, 28 et 29 donnent, d'après différents auteurs, la marche *moyenne* du développement en hauteur de différentes essences dans différentes conditions.

§ 6. — L'accroissement transversal des arbres à hauteur d'homme.

Accroissements du diamètre. — Si nous pratiquons une section tout près du sol dans la tige d'un arbre et si nous examinons, en partant du centre, l'épaisseur des couches annuelles, nous observons les faits suivants.

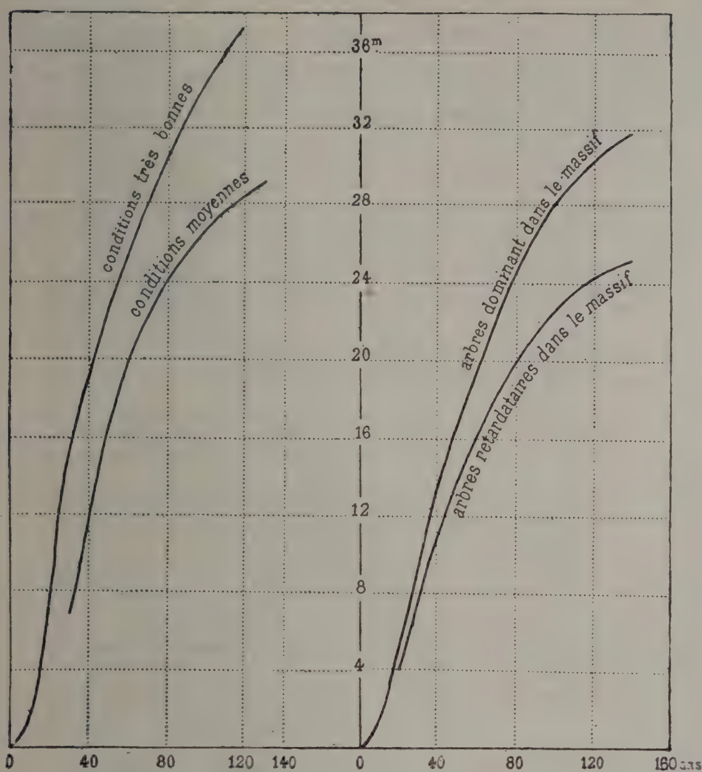


Fig. 27. — Croissance en hauteur de l'épicéa en Saxe, d'après M. Kunze (arbres en massif).

Fig. 28. — Croissance en hauteur de l'épicéa dans les montagnes du Harz, d'après M. R. Hartig, dans de bonnes conditions.

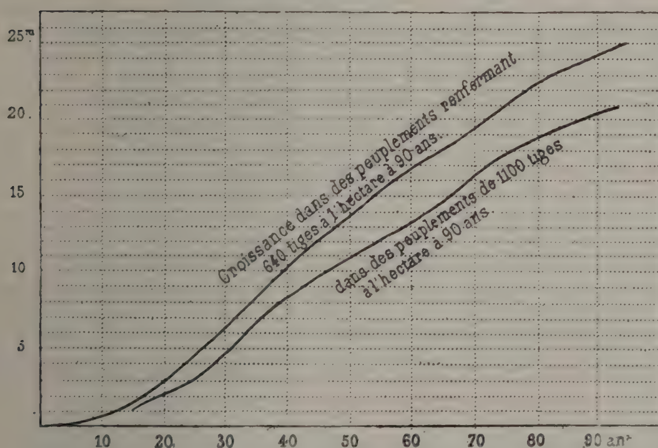


Fig. 29. — Développement de la hauteur d'arbres-types dans des sapinières (Forêt-Noire, d'après M. Schuberg). Conditions de végétation assez bonnes.

L'épaisseur des couches, à partir de la moelle, va d'abord en augmentant rapidement, mais bientôt l'augmentation cesse et les accroissements deviennent de plus en plus étroits jusqu'à la circonfé-

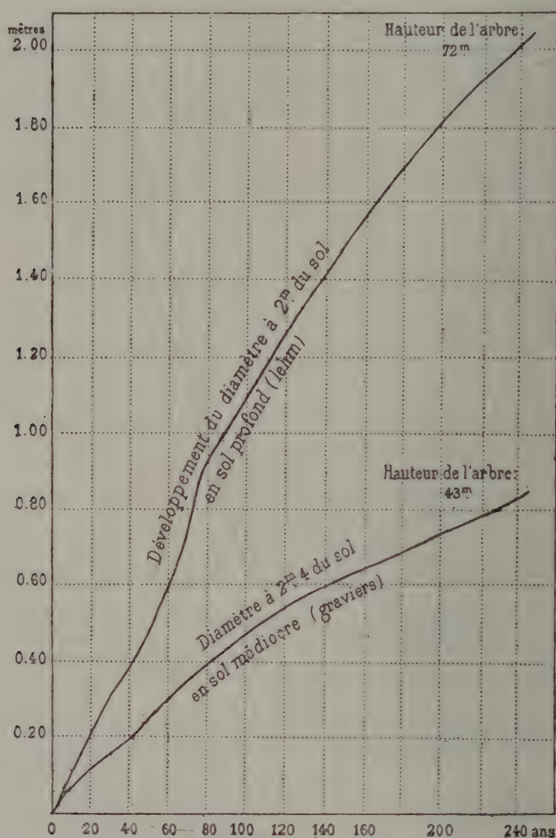


Fig. 30. — *Pseudotsuga Douglasii* CAR., en Californie, d'après M. Mayr.

rence[1]. L'accroissement le plus large se forme de très bonne heure, si bien qu'il n'est visible que sur une section assez basse. Il arrive assez souvent que la section à hauteur d'homme (à 1m,30 du sol) est déjà trop haute pour qu'on puisse y observer un maximum dans

1. Ce fait est signalé dans un travail de M. Poirson, inspecteur des forêts à Compiègne, publié en 1842 dans les *Annales forestières*.

l'épaisseur des couches qui vont alors en décroissant du centre à la circonférence. Si nous représentons graphiquement la loi de la variation du diamètre, nous obtenons donc des courbes analogues à celles que nous avons déjà vues par le développement de la hauteur.

L'accroissement du diamètre à hauteur d'homme est fortement influencé par les circonstances extérieures. Dans de bonnes stations il est plus rapide que dans d'autres; dans des massifs serrés il est beaucoup plus lent que dans des massifs éclaircis. Les figures 30 à 37 sont destinées à donner une idée de l'influence des conditions de la végétation sur le développement du diamètre à hauteur d'homme.

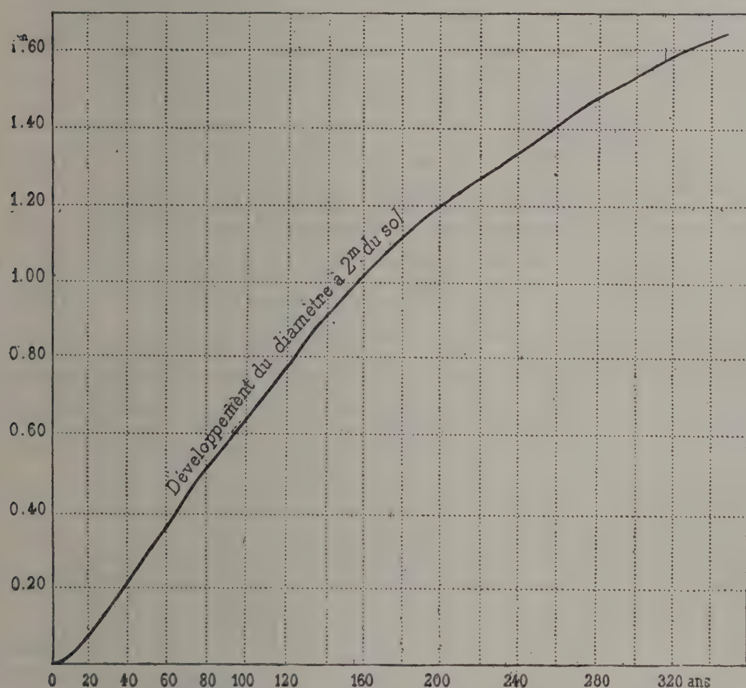


Fig. 31. — *Pinus lambertiana* DOUGL., forêts vierges de Californie, d'après M. Mayr. Épaisseur de l'écorce : 0m,10. — Épaisseur de l'aubier : 0m,12.

Accroissement circulaire. — L'accroissement circulaire (de la surface de section) dépend naturellement de celui du diamètre mais

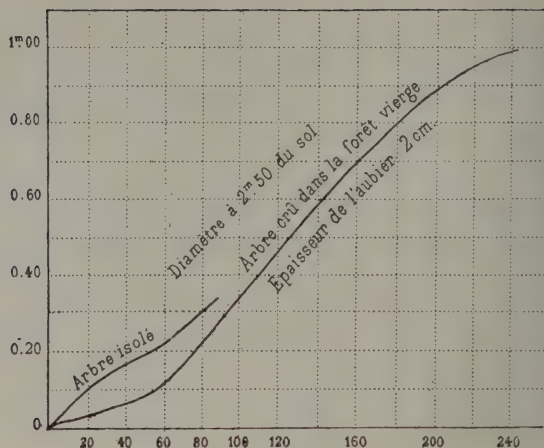


Fig. 32. — *Quercus alba* L., forêts vierges des États-Unis (échantillon du musée de New-York), d'après M. Mayr.

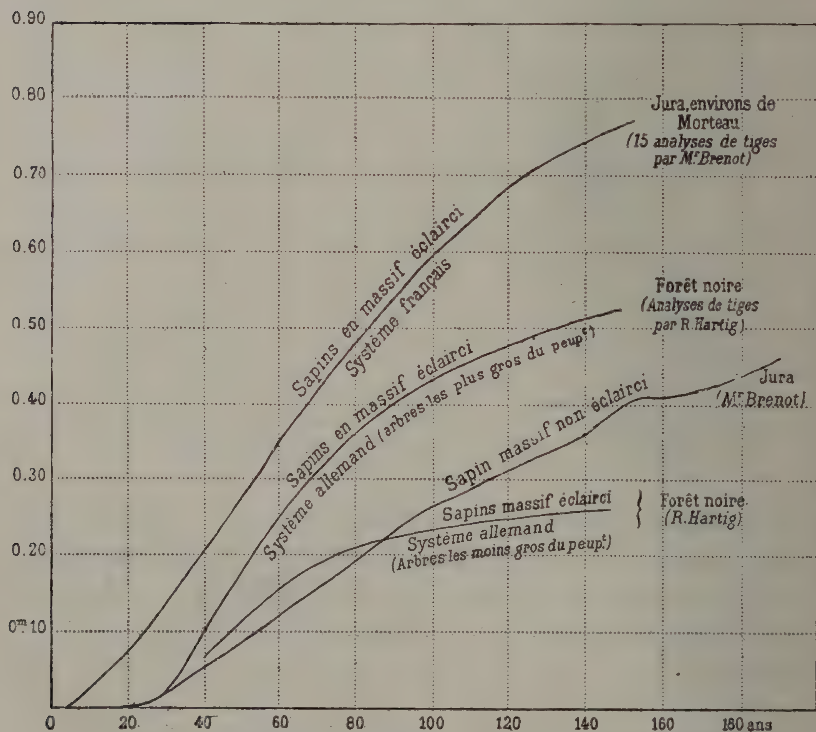


Fig. 33. — Développement du diamètre à hauteur d'homme chez le sapin. (Les mesures sont prises à 1m,50 en France et 1m,30 en Allemagne.)

sans être identique, puisqu'il est bien évident que l'accroissement circulaire peut continuer à augmenter même lorsque l'épaisseur des couches annuelles va déjà en diminuant.

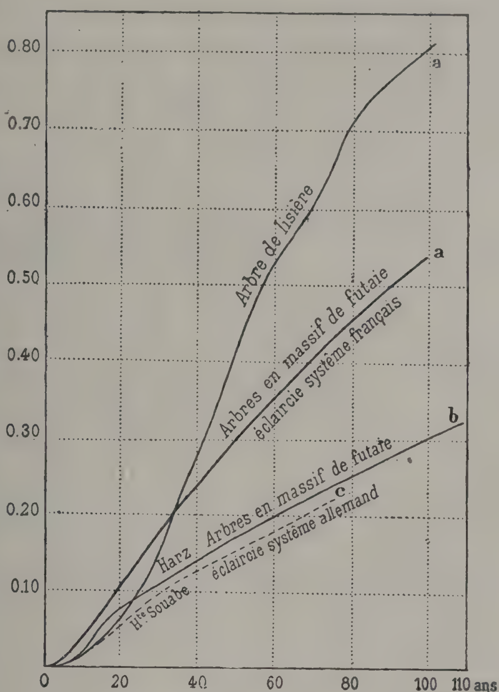


Fig. 34. — Développement du diamètre à hauteur d'homme chez l'épicéa. — *a*) Montagnes du Jura, altitude de 800 mètres (d'après M. Brenot). — *b*) Montagnes du Harz, altitude de 450 mètres (d'après M. R. Hartig). — *c*) Haute Souabe, dans le voisinage du lac de Constance (d'après M. Lorey).

En fait, on constate que la section de la tige à hauteur d'homme augmente d'abord de plus en plus rapidement jusqu'à un moment où son accroissement reste constant ou bien diminue lentement. La marche de cet accroissement est du reste fortement modifiée par l'état de densité plus ou moins grande des massifs au milieu desquels les arbres sont placés.

Un état de massif très serré amène une diminution plus précoce et plus rapide de l'accrois-

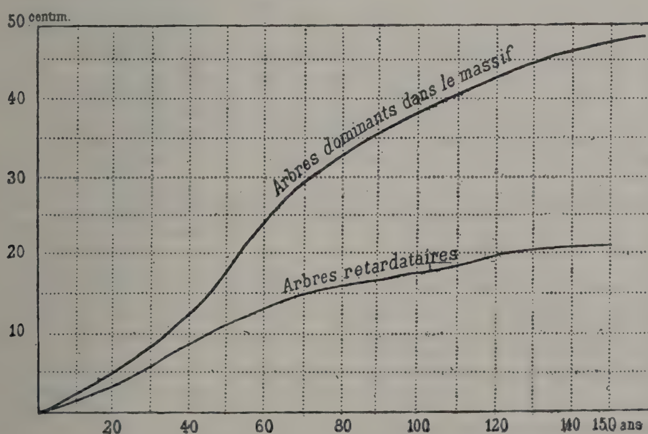


Fig. 35. — Développement du diamètre d'arbres types dans des peuplements de hêtre, forêt du Spessart (d'après M. R. Hartig).

sement (vers 60-90 ans), tandis que des arbres tout à fait isolés conservent un accroissement circulaire constant ou même de plus en plus grand jusqu'à leur dépérissement[1].

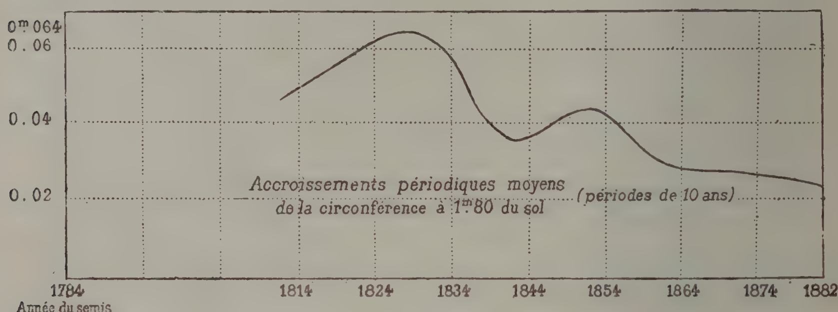


Fig. 36. — Accroissements de la circonférence de chênes semés vers 1781 dans la forêt de Dean (Angleterre). Moyenne de 8 arbres (d'après M. Reuss).

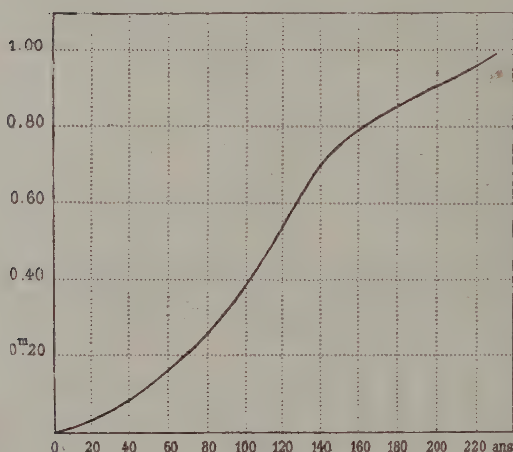


Fig. 37. — Développement du diamètre d'un hêtre isolé de 225 ans, sur le grès bigarré (d'après M. Kraft). Cet arbre mesurait 31m,50 de hauteur et avait un couvert de 168 mètres carrés.

Les conditions de station se font sentir d'une façon analogue. Sur les meilleurs sols, le maximum de l'accroissement circulaire se produit d'assez bonne heure (souvent vers 40 à 50 ans) et diminue ensuite assez rapidement, tandis que dans de très mauvaises conditions il est très faible mais se maintient constant pendant très longtemps.

---

1. R. Hartig, *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, 1871, p. 66. Des sapins isolés, analysés par le même auteur, ont montré le maximum de l'accroissement circulaire à hauteur d'homme entre 240 et 250 ans. Voir aussi plus loin, fig. 64. D'après une étude publiée par M. Galmiche, dans le volume de 1891 de la *Revue des eaux et forêts,* l'accroissement de la surface terrière de chênes de taillis sous futaie irait en augmentant jusqu'à 200 ans au moins.

§ 7. — De la forme des tiges d'arbres.

La forme des tiges d'arbres dépend à la fois du développement de la hauteur et de celui du diamètre à tous les niveaux, lesquels sont eux-mêmes des fonctions de l'espace laissé à l'arbre pour développer sa cime.

Chez les arbres crûs en massif les couches annuelles ont ordinairement leur épaisseur maxima dans le haut du fût, immédiatement au-dessous des premières grosses branches. De là, l'épaisseur des accroissements va en diminuant vers le pied de l'arbre jusque tout près du sol chez les arbres jeunes, tandis que sur des arbres âgés l'accroissement augmente de nouveau d'épaisseur dans le voisinage du sol pour donner une forme évasée au pied de la tige. Le point à partir duquel l'épaisseur des couches annuelles augmente dans le voisinage du sol se trouve placé plus ou moins haut suivant l'âge de l'arbre et son état plus ou moins isolé; chez des arbres de 100 à 150 ans il est souvent à plus de 1^{m},30 du sol. Des arbres très vieux et bien dégagés ont au pied un évasement qui se fait sentir jusqu'à 4 mètres du sol et même plus haut (fig. 38).

L'augmentation d'épaisseur des couches annuelles dans le haut du fût est plus marquée dans de bonnes conditions de station et lorsque les massifs sont bien serrés, c'est-à-dire lorsque les fûts sont élevés. Elle l'est moins dans de mauvaises conditions de végétation et chez des arbres bien dégagés. Chez des arbres tout à fait isolés et à fût très court, les couches annuelles sont d'une épaisseur constante tout le long du fût ou bien elles vont même en diminuant de bas en haut (fig. 39 et 40).

Un arbre très jeune, qui n'a pas encore commencé à former un fût, a des accroissements diminuant d'épaisseur du sol jusqu'au bourgeon terminal, de sorte que sa section longitudinale est limitée par une courbe convexe vers l'axe. La forme convexe persiste toujours dans le voisinage du sol, mais si on fait abstraction de cet évasement du pied, on voit l'arbre à mesure qu'il s'élève, que son fût commence à s'élaguer, prendre une forme se rapprochant d'abord du cône droit, puis finissant par présenter l'aspect d'un cône renflé dans le haut ou, si l'on veut, celui d'un paraboloïde du second

degré. Le contour de la section est alors convexe vers l'axe dans le voisinage du pied, sensiblement rectiligne pendant une certaine lon-

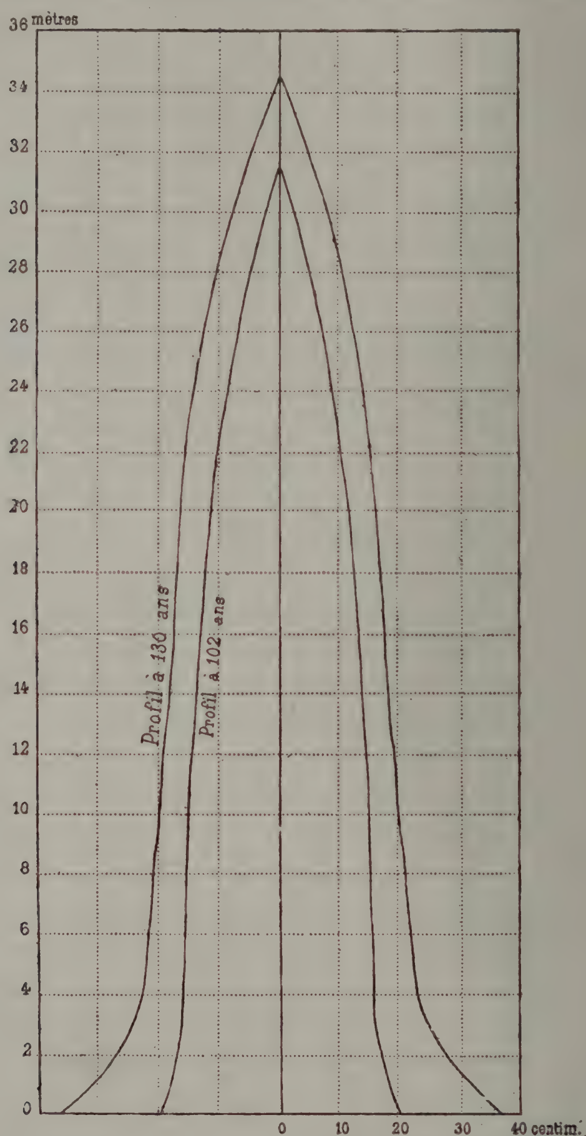


Fig. 38. — Coupe longitudinale de la tige d'un sapin ayant crû à l'état isolé (d'après M. Schuberg).

gueur, puis concave dans le haut du fût. La partie supérieure de la tige, dans la cime, a une forme variable suivant la ramification.

Dans le commerce des bois on cube les grumes de bois d'œuvre en multipliant leur longueur soit par la section au milieu, soit par la demi-

Sections longitudinales d'un arbre dominé et d'un arbre moyen dans un peuplement de sapin (d'après M. Schuberg).

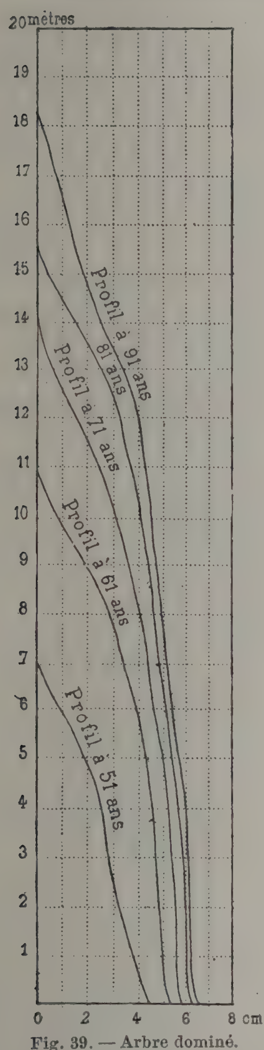


Fig. 39. — Arbre dominé.

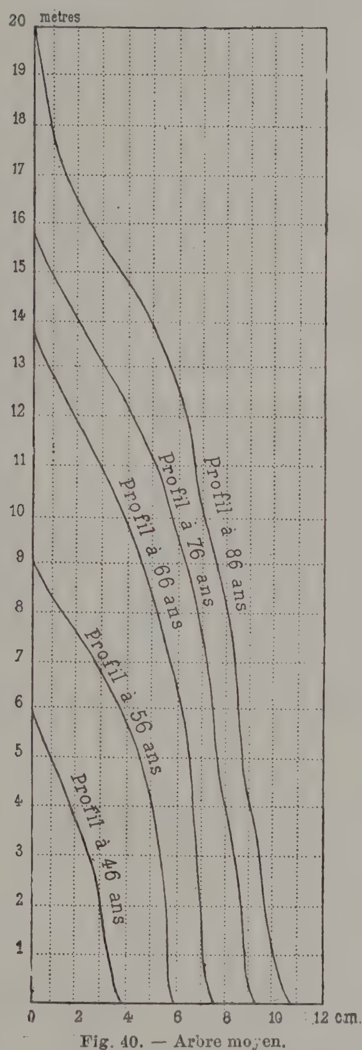


Fig. 40. — Arbre moyen.

somme des sections extrêmes. Il résulte de cette double façon d'opérer, en usage de temps immémorial, que la forme des pièces à cuber est telle qu'une section faite à égale distance de deux autres a pour surface une moyenne arithmétique entre les sections de ces deux autres, ou, ce qui re-

vient évidemment au même, que des sections équidistantes ont entre leurs surfaces une différence constante; or, c'est là une propriété caractéristique du paraboloïde d'Appolonius ou paraboloïde de révolution du second degré. En effet, si S est la surface d'une section faite à une distance x du sommet d'un arbre, on aurait, d'après ce que nous venons de dire :

$$\frac{dS}{dx} = C$$

C étant une constante caractérisant la forme de la parabole méridienne; d'où $S = Cx + a$, et, puisque S et x sont nuls en même temps, $S = Cx$, ou encore, en appelant y le diamètre de l'arbre, $y^2 = Kx$, ce qui est bien l'équation de la section méridienne du paraboloïde d'Appolonius.

Pour vérifier si une tige ou un fragment de tige a une forme parabolique, il suffit donc de vérifier si des sections transversales équidistantes ont des surfaces variant de quantités constantes, ou bien, ce qui est la même chose, si les carrés des diamètres ou des circonférences varient d'une quantité constante pour des sections équidistantes.

Appliquons cette règle à l'épicéa représenté par la figure 53.

HAUTEUR des sections au-dessus du sol.	CARRÉS des diamètres.	DIFFÉRENCES des carrés.	OBSERVATIONS.	HAUTEUR des sections au-dessus du sol.	CARRÉS des diamètres.	DIFFÉRENCES des carrés.	OBSERVATIONS.
mètr.				mètr.			
0	122	22	Évasement au pied de l'arbre.	30	28	2	Partie parabolique.
2	100	4	Partie parabolique.	32	26	2	
4	96	4		34	24	2	
6	92	0		36	22	3	
8	92	23	Bouquet de branches.	38	19	1	
10	69	3	Partie parabolique.	40	18	8	Grosse branche.
12	66	4		42	10	2	Partie parabolique.
14	62	4		44	8	2	
16	58	3		46	6	2	
18	55	3		48	4	1	
20	52	3		50	3	1	
22	49	3		52	2	1	
24	46	4		54	1	»	
26	42	1		56	»	»	
23	41	12	Grosses branches.	58	»	»	
30	28			60	0		

On peut, au lieu des différences des carrés des deux diamètres consécutifs, considérer le produit de leur différence par leur somme, ou par leur demi-somme, ou, ce qui est sensiblement la même chose, par le diamètre mesuré au milieu de la distance qui les sépare. En d'autres termes, si l'on a mesuré les diamètres à 1, 2, 3, 4, 5, etc., mètres, à partir de l'extrémité d'une pièce, il faut, pour que celle-ci ait une for m

parabolique, que le produit du diamètre à n mètres par la différence des diamètres à $n - 1$ et $n + 1$ mètre soit constant.

On peut alors donner aux calculs la disposition suivante :

HAUTEUR des sections au-dessus du sol.	DIAMÈTRES.	DIFFÉRENCES des diamètres.	DIAMÈTRES.	PRODUIT des diamètres par les différences.	HAUTEUR des sections au-dessus du sol.	DIAMÈTRES.	DIFFÉRENCES des diamètres.	DIAMÈTRES.	PRODUIT des diamètres par les différences.
metr.					metr.				
1	67	»	»	»	16	»	3	43	15
2	»	3	64	19	17	47	»	»	»
3	64	»	»	»	18	»	3	46	14
4	»	4	62	25	19	44	»	»	»[2]
5	60	»	»	»	20	»	5	43	21
6	»	2	59	11	21	39	»	»	»
7	58	»	»	»	22	»	7	36	25
8	»	1	75	6	23	32	»	»	»
9	57	»	»	»	24	»	11	27	30
10	»	1	57	6	25	21	»	»	»
11	56	»	»	»[1]	26	»	8	16	18
12	»	3	54	16	27	13	»	»	»
13	53	»	»	»	28	»	13	3	3
14	»	3	52	16	29	0	»	»	»
15	50	»	»	»					

1. Branches mortes.
2. Premières grosses branches.

On voit que cet arbre, qui est un jeune sapin ayant crû en massif très serré, avait une décroissance inférieure à celle d'un paraboloïde, c'est-à-dire une forme se rapprochant du cylindre de 4 jusque vers 12 mètres, puis une forme presque rigoureusement parabolique de 12 mètres aux premières branches.

Ce fait est général pour les arbres de massif serré. On les trouve sensiblement cylindriques sur le tiers ou le quart environ de la longueur (abstraction faite de l'évasement du pied), puis paraboliques ; la cime a des formes très variables suivant l'importance des branches. Immédiatement au-dessous du point d'insertion d'une branche, la décroissance est très faible, souvent nulle, quelquefois même, lorsqu'il s'agit d'une forte branche, il y a un renflement. En revanche, la tige a un diamètre beaucoup plus faible immédiatement au-dessus de la branche.

Les figures n°s 41 à 57 (v. Planche II) sont destinées à montrer la forme d'un certain nombre d'arbres mesurés dans les principales régions forestières de la France. Pour rendre la forme plus sensible, on a tracé les abscisses (diamètres) à une échelle 10 fois plus grande que les ordonnées (hauteurs). L'échelle des diamètres est uniformément de $0^m,020$ pour 1 mètre, celle des hauteurs de $0^m,002$ pour 1 mètre.

On remarquera les fûts courts, les forts évasements au pied des arbres réservés au-dessus des taillis (n[os] 41, 43, 44, 46), la forme élancée et le contour presque rectiligne des hêtres croissant au milieu d'un massif serré de résineux (n[os] 47, 48), la belle forme que prennent avec l'âge les sapins à l'état serré (fig. 51) et celle des sapins branchus (fig. 50). Nous avons juxtaposé (fig. 54 et 55) les formes extrêmes que prend l'épicéa en massif plein dans nos plus belles forêts de France et à l'état d'arbre isolé dans les prés-bois.

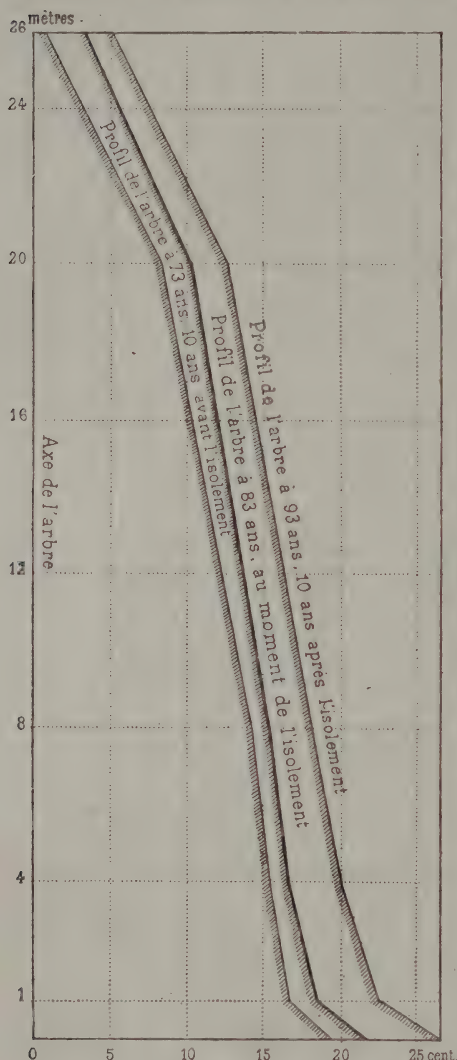


Fig. 58. — Changement de forme d'un épicéa à la suite de son isolement.

L'accroissement circulaire, ou de la surface de la section transversale, donne une idée de la masse de bois formé aux différents niveaux. L'état plus ou moins serré du massif au milieu duquel l'arbre est placé influe beaucoup sur l'accroissement circulaire. Dans des massifs moyennement serrés il est à peu près constant tout le long du fût, dans des massifs très serrés il va en croissant, dans des massifs peu serrés en décroissant de bas en haut[1].

Lorsqu'il survient un changement dans les conditions d'existence d'un arbre pen-

1. Pressler, *Gesetz der Stammbildung,* chap. III, p. 20 et suivantes. Voir aussi fig. 64. On montrerait facilement qu'il en est ainsi si la tige a la forme d'un paraboloïde dont la section méridienne aurait un paramètre constant d'une année à l'autre.

dant le cours de sa vie, on le voit immédiatement prendre la forme caractéristique de sa nouvelle situation. C'est ainsi que des arbres crûs dans un massif plein de futaie qu'on vient à dégager ou à isoler tout à coup, tendent à prendre, dès les premiers accroissements qui suivent le dégagement, la forme conique spéciale aux arbres isolés. Les figures 58 et 59 donneront une idée de ce phénomène : elles se rapportent à deux arbres observés dans les environs de Munich. On y voit (fig. 58) qu'un épicéa de 83 ans, en massif serré, s'accroissait sur le rayon depuis 10 ans de 0m,0028 par an à hauteur d'homme et de 0m,004 à 26 mètres du sol. On vint à l'isoler et dans les 10 années qui suivirent les accroissements furent de 0m,005 à hauteur d'homme et de 0m,0026 à 26 mètres du sol. De même, un pin sylvestre formait, avant l'isolement, des accroissements de 0m,002 d'épaisseur à hauteur d'homme et de 0m,003 à 20 mètres du sol ; après l'isolement, ces chiffres passent à 0m,0035 et 0m,0028 (fig. 59).

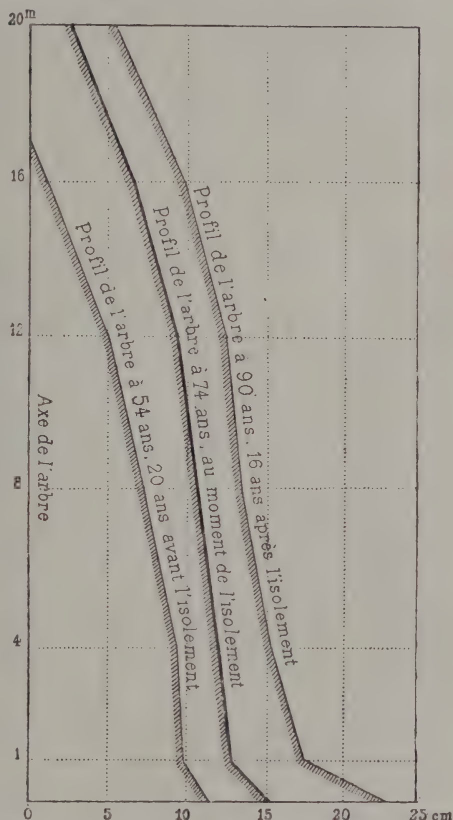


Fig. 59. — Changement de forme d'un sapin à la suite de son isolement.

Cette remarque est fort importante : lors de l'isolement d'un arbre, sa section à hauteur d'homme ou sa surface terrière s'accroît dans une proportion beaucoup plus forte que son volume. Si l'on veut cuber des arbres passant de l'état de massif serré à l'état isolé, il est indispensable de tenir compte non pas seulement de leur augmentation de diamètre à hauteur d'homme, mais encore de leur changement de forme ; les tiges deviennent plus coniques par le fait de leur isolement.

§ 8. — Les accroissements du volume des arbres.

Variations de l'accroissement suivant l'âge. — La quantité de bois qu'un arbre, né d'une semence, ajoute chaque année à son volume est naturellement très faible au début de sa vie. Elle va en augmentant d'année en année, assez rapidement chez certaines essences, lentement chez d'autres, mais chez toutes de plus en plus, de façon que l'accroissement d'une année est constamment supérieur à celui de l'année précédente [1].

---

1. Les accroissements du volume, si l'on néglige la très faible part pour laquelle y contribue l'évolution des bourgeons, se font par la multiplication des cellules du cambium : il est donc naturel que la production de bois augmente avec la surface cambiale, si rien ne vient modifier la façon dont fonctionne la zone génératrice.

On constate en effet que, abstraction faite des 10 ou 20 premières années après la naissance, et jusque vers 80 à 100 ans, la production des jeunes arbres est à peu près proportionnelle à leur surface ou encore, assez sensiblement, à leur volume. On a donc pu assimiler l'accroissement du volume d'un arbre, pendant la première partie de sa vie, à celle de la valeur d'une somme d'argent s'accroissant par la composition de ses intérêts à un taux uniforme.

En effet, une somme d'argent produisant des intérêts à taux fixe, s'accroît chaque année d'une quantité proportionnelle à sa valeur au début de cette année. La valeur totale, y compris les intérêts accumulés, n années, après le moment où elle était S, sera $S\,(1+t)^n$, t étant la quantité dont s'accroît chaque année l'unité de valeur. — Voici du reste, si on le préfère, une façon plus élégante et plus directe de présenter la même chose.

Soit y le volume d'un arbre variant en fonction du temps x, son accroissement pendant l'unité de temps sera $\frac{dy}{dx}$, et nous avons supposé que cet accroissement est proportionnel à y, c'est-à-dire que $\frac{y}{\frac{dy}{dx}} = K$, ou $dx = K\frac{dy}{y}$ ou, en intégrant $x + c = K\,L\,y$, d'où $y = e^{\frac{x+c}{K}}$ (1).

Soit v le volume à l'origine du temps, nous avons $v = e^{\frac{c}{K}}$ et, par conséquent, (1) devient $y = v^{\frac{x}{K}}$.

Si t est la quantité dont s'accroît l'unité de volume dans l'unité de temps, nous aurons pour $x = 1$ $v + vt = v^{\frac{1}{K}}$, et finalement (1) devient $y = v(1+t)^x$.

M. Weber, professeur à l'université de Munich, dans son intéressant *Traité d'amé-*

Cette marche ascendante du volume des accroissements annuels persiste parfois jusqu'à la maturité[1] de l'arbre, c'est-à-dire jusqu'à l'époque où il entre dans la période de décrépitude. Tel est notamment le cas d'individus très vigoureux dont rien ne vient contrarier le libre développement dans toutes les directions, aussi bien dans le sol que dans l'atmosphère.

Le plus souvent, cependant, à partir d'un âge peu avancé, à partir par exemple du moment où l'accroissement en hauteur se ralentit d'une façon notable, les accroissements annuels du volume deviennent presque constants, de sorte que celui-ci varie alors à peu près proportionnellement au temps (fig. 60 à 63).

---

nagement, publié en 1891 (*Lehrbuch der Forstenrichtung*, à Berlin, chez Springer), a même essayé de calculer la valeur de ce taux d'accroissement pour diverses essences et diverses conditions de végétation. Sans attacher à ce genre de recherches plus d'importance qu'elles n'en comportent, disons seulement ici que M. Weber a trouvé qu'à partir de 15 à 20 ans et jusque vers 80 ou 90 ans, les arbres accroissaient leur volume aux taux suivants :

		ARBRES les plus forts du massif.	ARBRES moyens.	ARBRES les moins forts du massif.
Sapins de la Forêt-Noire, entre 20 et 100 ans (volumes d'après R. Hartig)		5 p. 100	3.5 à 4 p. 100	2 p. 100
Hêtres du Spessart, entre 20 et 100 ans (volumes du même)		2.5 à 3 p. 100	1.8 à 2 p. 100	1 p. 100
Épicéa en Saxe, entre 10 et 100 ans (volumes d'après Kunze)	Sols très fertiles.	3.5 à 4.5 p. 100	2.7 à 3 p. 100	2 p. 100
	Sols moyens	2.8 à 3.5 p. 100	2 p. 100.	1.4 p. 100

Ce tableau que nous empruntons à la page 210 du livre cité ci-dessus pourra donner une idée approximative, mais immédiate, de l'évolution du volume de différentes essences dans différentes conditions de végétation. Remarquons, dès à présent, la différence qui caractérise, dans un même massif, les arbres les plus forts des arbres retardataires ; notons aussi que le sapin a un taux d'accroissement bien plus rapide que le hêtre et l'épicéa.

1. Nous tenons à conserver à notre langage cette locution de « maturité des arbres » qu'on a voulu en éliminer, bien qu'elle soit un legs des forestiers des siècles précédents. Un arbre, de même qu'une poire ou une cerise, est mûr lorsqu'on ne pourrait plus différer sa récolte sans le voir perdre sa qualité pour la consommation. C'est là, sans doute, une considération plutôt pratique que scientifique ou botanique ; ce n'est pas une raison pour que nous la repoussions.

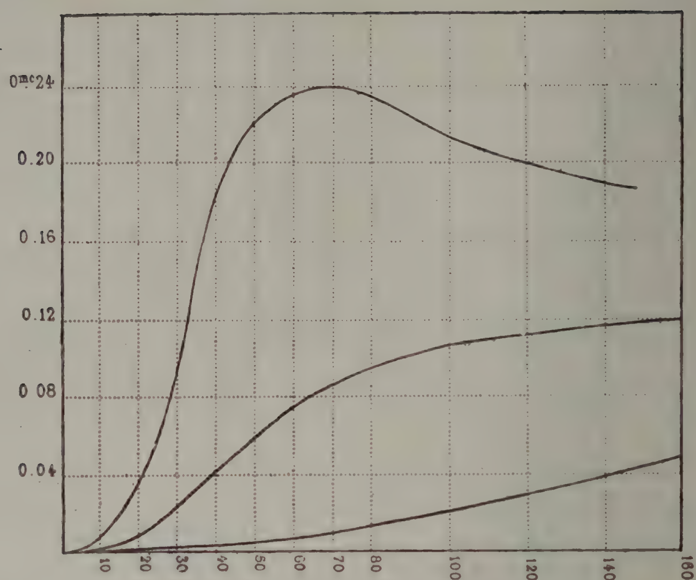


Fig. 60. — Accroissements annuels en volume d'épicéas dans les stations de haute montagne des Alpes autrichiennes (d'après v. Guttenberg).

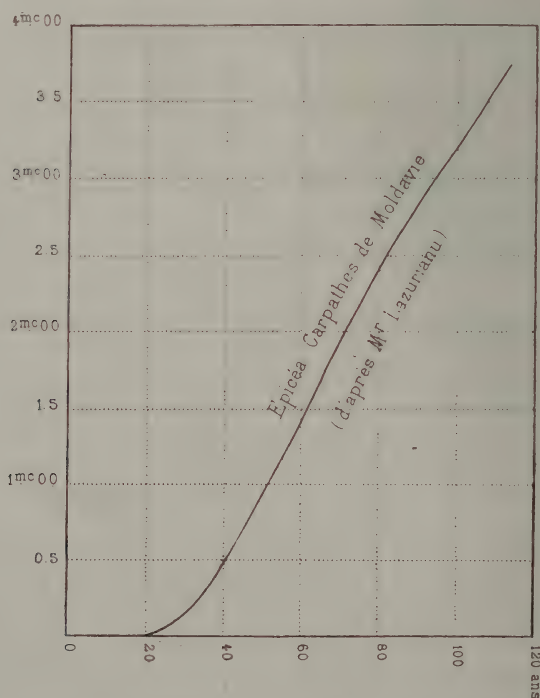


Fig. 61. — Développement du volume de la tige d'un épicéa dans une forêt vierge.

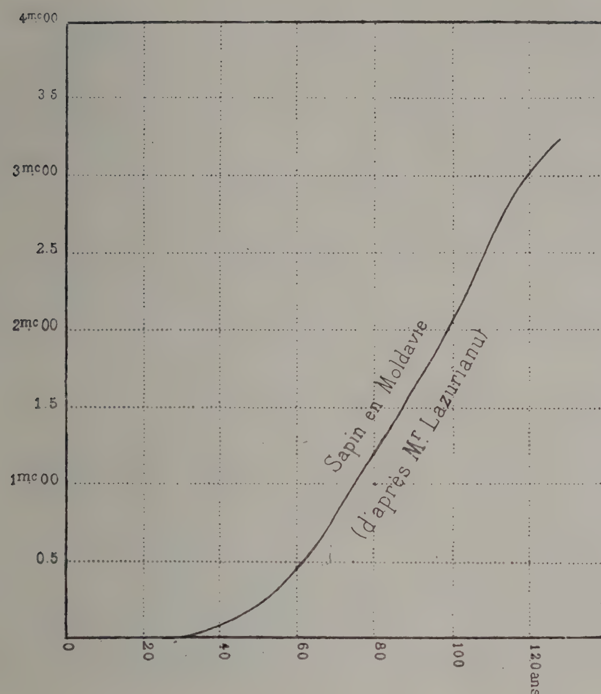


Fig. 62. — Développement du volume de la tige d'un sapin dans une forêt vierge.

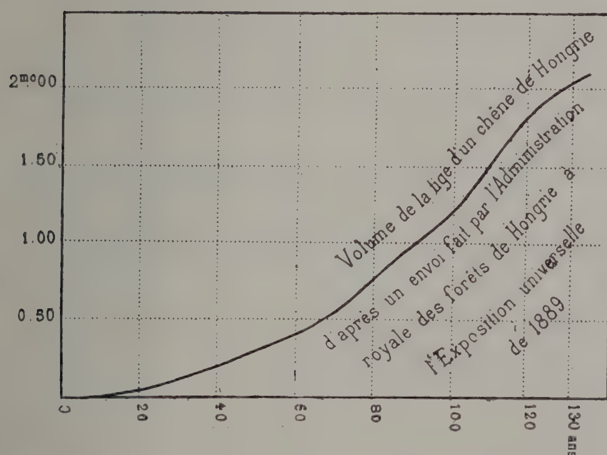


Fig. 63. — Développement du volume de la tige d'un chêne dans une forêt vierge.

On observe même que des arbres, qui ont eu dans leur jeunesse une croissance rapide, la ralentissent à un âge plus ou moins avancé : ce que nous savons des accroissements de la section transversale et de la hauteur nous permettait de prévoir un maximum pour l'ac-

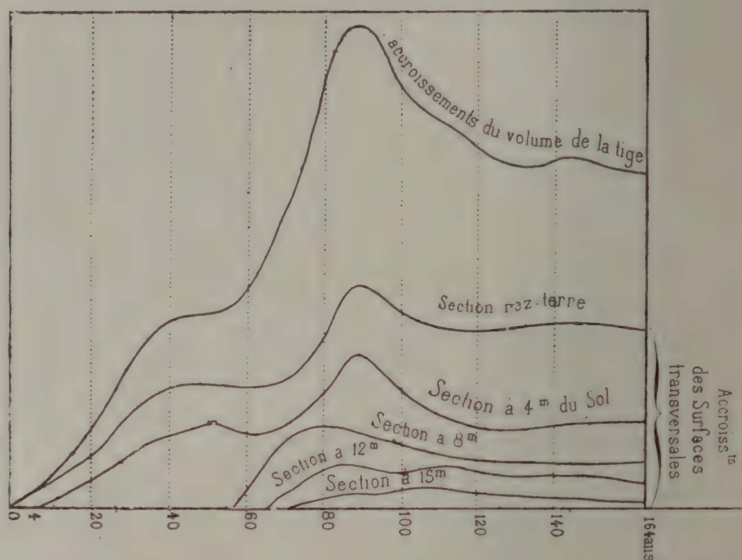


Fig. 64. — **Accroissements comparés du volume et des surfaces de section aux différents niveaux dans un charme houblon des environs de Menton (altitude de 800 mètres), d'après M. Lombard, garde général des forêts.**

croissement annuel du volume lorsque les conditions de végétation sont très favorables. Mais, même dans ce dernier cas, il est assez rare qu'il se produise un maximum dans l'accroissement *moyen* avant l'époque à laquelle on a ordinairement intérêt à réaliser les arbres[1]. (Voir fig. 64 à 67.)

Le maximum de l'accroissement annuel apparaît plus ou moins tard suivant les essences. Des arbres observés autrefois dans la forêt de Compiègne[2] ont montré des maxima entre 125 et 150 ans pour le chêne et le hêtre, entre 100 et 125 pour le charme, 75 et 100 pour le frêne et l'orme.

Il résulte d'analyses de tiges effectuées par M. R. Hartig sur des

1. Lors de l'aménagement de la forêt de Haguenau, en 1842, les aménagistes examinèrent plus de 100 chênes et pins mûrs ou dépérissants, et constatèrent que pas un seul n'avait atteint le maximum de son accroissement moyen.

2. Par M. Poirson (*Annales forestières de 1842*).

épicéas croissant en sol fertile dans les montagnes du Harz, que les arbres les plus beaux de massifs réguliers ont des accroissements en volume qui vont en augmentant jusque vers 130 à 140 ans au moins et qui sont, à cet âge, d'environ un vingtième de mètre cube de bois de tige par an.

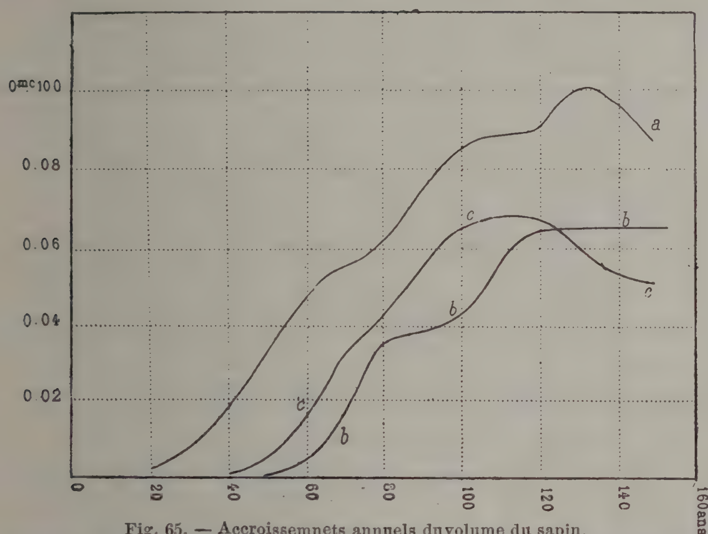


Fig. 65. — Accroissemnets annuels duvolume du sapin.
a) **Montagnes du Jura, altitude de 700 mètres (d'après M. Brenot). — *b*) Hautes Vosges, sol médiocre (d'après M. Bartet). — *c*) Forêt-Noire, bon sol (d'après M. R. Hartig).**

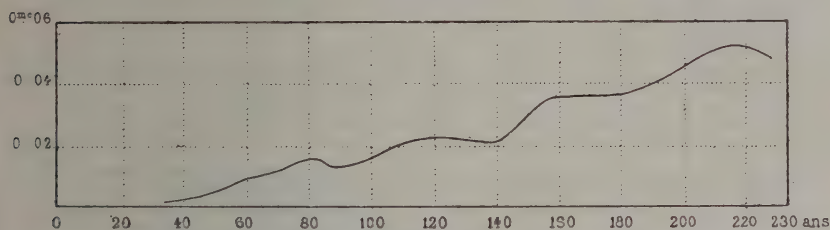


Fig. 66. — Accroissements du volume d'un chêne de futaie éclaircie, forêt de Bellême (Orne) [d'après M. Bartet].

Des essences à croissance très rapide et dans de très bonnes conditions peuvent même présenter ce maximum à un âge encore moins avancé. C'est ainsi qu'un tilleul analysé à la station de recherches de Nancy a montré un maximum vers 55 ans, un peuplier tremble vers 45 ans[1], etc.

1. Il est du reste évident que le moment du maximum se présente plus tôt chez des essences peu longévives.

Influence de l'espace laissé à l'arbre sur son accroissement. — Mais c'est surtout le plus ou moins d'espace dont dispose un arbre qui influe sur la marche de l'accroissement. L'arbre enserré dans un massif est contrarié à la fois dans le développement de ses racines et dans celui de sa cime; son accroissement s'en ressent très nettement. L'état de massif serré entrave d'une façon générale le développement de l'arbre et amène un ralentissement prématuré dans ce développement[1].

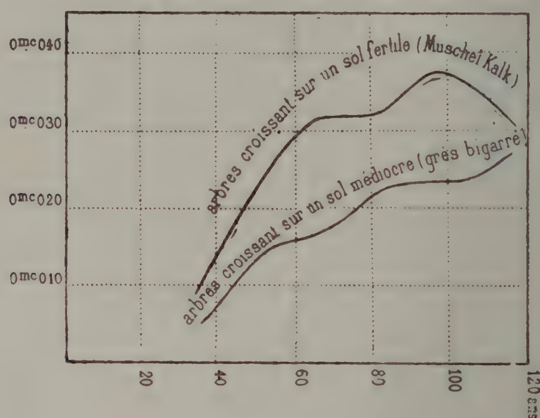


Fig. 67. — Accroissements du volume de hêtres périodiquement dégagés (d'après M. Wagener).

Le tableau ci-dessous, que nous empruntons au livre de M. Schuberg, sur le sapin (p. 134), le montre d'une façon bien nette.

		ACCROISSEMENTS DE LA TIGE DE SAPINS pendant des périodes décennales							
		de 31 à 40 ans.	de 41 à 50 ans.	de 51 à 60 ans.	de 61 à 70 ans.	de 71 à 80 ans.	de 81 à 90 ans.	de 91 à 100 ans.	de 101 à 110 ans.
		m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
Conditions de station très bonnes.	Massifs peu serrés.	0.145	0.200	0.260	0.327	0.298	0.260	»	»
	Massifs très serrés.	0.080	0.120	0.165	0.189	0.220	0.235	»	»
Conditions de station moyennes.	Massifs peu serrés.	0.073	0.121	0.151	0.174	0.176	0.223	0.190	0.161
	Massifs très serrés.	»	0.055	0.079	0.096	0.111	0.127	0.137	0.152

1. G. Wagener, *Der Waldbau*, Stuttgart, 1884, p. 178 et suivantes.

Ces résultats proviennent d'un ensemble de plus de 300 analyses de tiges.

Si l'on vient à dégager un arbre dont la végétation a été contrariée, on le voit bientôt reprendre un accroissement beaucoup plus considérable ; si bien que des arbres alternativement dégagés ou resserrés dans un massif présentent des recrudescences et des diminutions dans l'activité de la végétation.

Ce fait est des plus importants : c'est sur lui que repose toute la pratique des éclaircies telle qu'elle est suivie en France depuis plus de trois siècles, et telle qu'elle commence à s'introduire en Allemagne depuis quelques années. On sait que cette pratique consiste à passer dans les peuplements à des intervalles qui varient, suivant les circonstances, de 8 à 15 ans environ pour dégager les tiges d'avenir en enlevant autour d'elles celles moins précieuses (moins bien conformées ou de moins bonne essence) qui les contrarient en les dominant ou en les enserrant. Ces opérations sont exécutées en France sous le nom d' « éclaircissement » depuis le XVIe siècle et peut-être avant[1].

L'influence des dégagements sur la marche de la végétation a fait l'objet de très nombreux travaux, surtout depuis une vingtaine d'années. Tous les forestiers français connaissent les publications de la station de recherches de Nancy à ce sujet. Nous ne citerons ici qu'un des résultats de travaux faits par la station prussienne dont nous devons communication à l'éminent directeur de cette station, M. A. Schwappach.

On a choisi dans le cantonnement de Biesenthal, près d'Eberswald, une parcelle du triage de Hegermühle peuplée de pins sylvestres qui, en 1887, étaient âgés de 29 ans. Dans cette parcelle une place d'essai a été délimitée et les arbres qui la recouvraient ont été entièrement dégagés, tandis que sur le reste de la parcelle l'éclaircie était

1. Au début de ce siècle on répandit en France un certain nombre d'idées allemandes en matière de forêt, empruntées surtout à G. L. Hartig et à Cotta. De ce nombre est notamment celle qui consiste à réduire les coupes d'amélioration à l'enlèvement des bois morts ou dominés. Cet usage, si contraire à la tradition française, tend heureusement de plus en plus à être abandonné depuis une trentaine d'années.

réduite, suivant l'usage en Allemagne[1], à l'enlèvement des bois morts, viciés ou dominés.

Les arbres dégagés ont été comparés au bout de 5 ans, c'est-à-dire en 1892, à un même nombre d'arbres non dégagés dans le reste de la parcelle. Leur augmentation de volume s'est trouvée supérieure de 23 p. 100, c'est-à-dire que la production des 358 arbres dégagés a été augmentée de 23 p. 100 par leur dégagement[2].

Nous reviendrons sur l'importance économique des éclaircies lorsque nous parlerons des peuplements et nous ferons alors intervenir la contenance dans la mesure de la production. Remarquons seulement dès à présent que le dégagement répété permet d'obtenir, dans un temps plus court, des arbres ayant de plus forts volumes et, avec de plus grands diamètres, une plus grande valeur à l'unité de volume.

Il ne faut cependant pas croire que cette faculté de reprendre vigueur après avoir été dominé persiste indéfiniment. On est généralement d'accord pour déclarer que les essences formant naturellement des massifs clairs, comme le chêne, le pin sylvestre, ne reprennent plus vigueur lorsqu'elles ont été longtemps dominées[3], tandis que d'autres, comme le sapin, le hêtre, pourraient sans inconvénient être dominées longtemps.

C'est surtout au sapin qu'on a attribué la propriété de conserver indéfiniment sa vitalité en quelque sorte à l'état latent sous le cou-

---

1. C'est G. L. Hartig qui, le premier, a enseigné que, suivant l'usage pratiqué dans son pays, l'éclaircie ne doit s'étendre qu'aux bois morts ou dominés. Tous les auteurs qui l'ont suivi ont adopté cette façon de voir (sauf quelques travaux tout récents).

2. Ce résultat que nous citons parce qu'il est encore inédit et s'applique à une moyenne de 358 arbres croissant sur le sol assez ingrat des environs de Berlin, a été bien dépassé ailleurs, sur de bons sols et surtout dans des peuplements très denses, comme le sont souvent ceux de hêtre, sapin, épicéa. Le dégagement triple souvent l'accroissement. M. Borggreve cite même un pin sylvestre chez lequel l'accroissement serait devenu neuf fois plus fort.

3. C'est grâce à l'autorité de Pfeil que cette opinion s'est propagée dans le monde forestier. Cependant un auteur, M. Borggreve, ancien directeur de l'école forestière de Münden, affirme très catégoriquement que le pin sylvestre aussi fortement et longtemps dominé qu'on le voudra, reprend vigueur aussitôt qu'on vient le dégager (*Holzzucht*, par B. Borggreve, Berlin. 1885, p. 174 à 176. Voir aussi le volume de 1892 de l'*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*).

vert le plus complet. On a constaté, en effet, que des sapins restés dominés 100 à 150 ans (et qui n'ont souvent à cet âge que 1 à 2 mètres de hauteur et 2 ou 3 centimètres de diamètre), s'ils viennent à être dégagés, s'accroissent et forment de grands arbres. Des travaux récents[1] ont prouvé que le sapin dominé pendant 100 à 120 ans se développait sans doute après le dégagement, mais que sa végétation restait toujours bien inférieure à celle d'un sapin dégagé dès l'âge de 40 ou 50 ans (voir fig. 71). Il y a donc un intérêt sérieux, lors des coupes de régénération dans les sapinières, à enlever ces bois trop longtemps dominés pour laisser se développer les semis plus jeunes qu'ils pourraient recouvrir.

Accroissement des réserves de taillis sous futaie. — Les arbres réservés dans les taillis sous futaie croissent dans des conditions spéciales. Leurs cimes sont toujours à l'état libre, quelle que soit la hauteur des taillis, mais leurs fûts sont tantôt exposés à la lumière et à la chaleur, tantôt englobés dans un massif. On peut aussi ad-

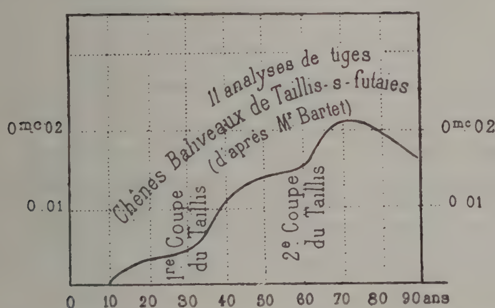


Fig. 68. — Influence de la coupe du taillis sur l'accroissement du volume des chênes baliveaux.

mettre que, les souches de taillis perdant une partie de leurs racines après la coupe, les racines des arbres de réserve trouvent moins de concurrence dans le sol immédiatement après l'abatage du taillis. On a remarqué depuis longtemps que les couches annuelles formées après la coupe des taillis étaient beaucoup plus larges sur la souche

1. De M. Schæffer, inspecteur adjoint des forêts (*Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté*).

qu'elles ne l'étaient avant[1]. On a cru pouvoir en conclure que l'accroissement en volume était plus fort après la coupe qu'avant celle-ci. Des analyses de tiges entreprises par M. Bartet à la station de recherches de Nancy semblent confirmer cette conclusion tirée *à priori* de l'examen de la section rez-terre; il paraît probable maintenant que la coupe du taillis produit une augmentation dans l'accroissement des arbres de réserve quoique tous les expérimentateurs soient loin d'être d'accord à ce sujet[2] (fig. 68).

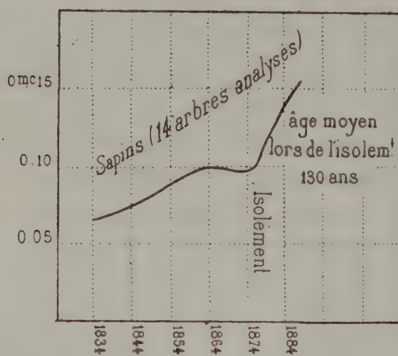


Fig. 69.

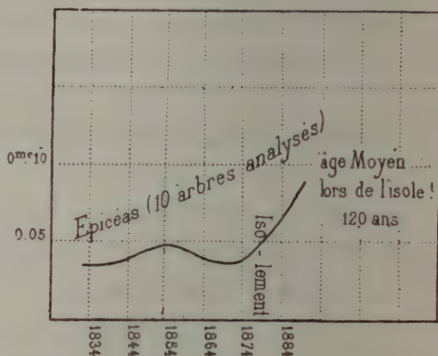


Fig. 70.

Action de l'isolement sur l'accroissement annuel (d'après M. Brenot).

La figure 68 est destinée à montrer les variations de l'accroissement de tiges de chênes baliveaux avant et après les coupes de taillis; ses éléments sont empruntés à un travail de M. Bartet, inséré dans le volume de 1891 de la *Revue des eaux et forêts*. Les figures 69

1. Voir un travail déjà plusieurs fois cité de M. Poirson dans les *Annales forestières de* 1842.

2. Des mesures effectuées par M. Weise sur 30 frênes, réserves de taillis sous futaie, ont montré que, pour ces arbres, l'augmentation d'accroissement qu'on constatait dans le bas de la tige après la coupe du taillis, était compensée, et au delà, par une diminution correspondante de l'accroissement dans le haut (*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*, volume de 1884). Quoi qu'il en soit, cette question si intéressante doit être considérée comme encore ouverte et elle ne pourra être tranchée que par de nombreuses analyses de tiges effectuées sur différents points et différentes essences. Dans son *Traité d'aménagement*, publié en 1891, M. Weber admet (p. 189), que la coupe du taillis est favorable à l'accroissement des réserves de la plupart des essences, malheureusement nous ignorons sur quelles expériences il appuie cette assertion.

et 70 montrent l'effet de l'isolement sur des sapins et épicéas d'après M. Brenot (*Observations sur l'accroissement des résineux.* Besançon 1892). La figure 71 montre (d'après M. Schæffer), le développement

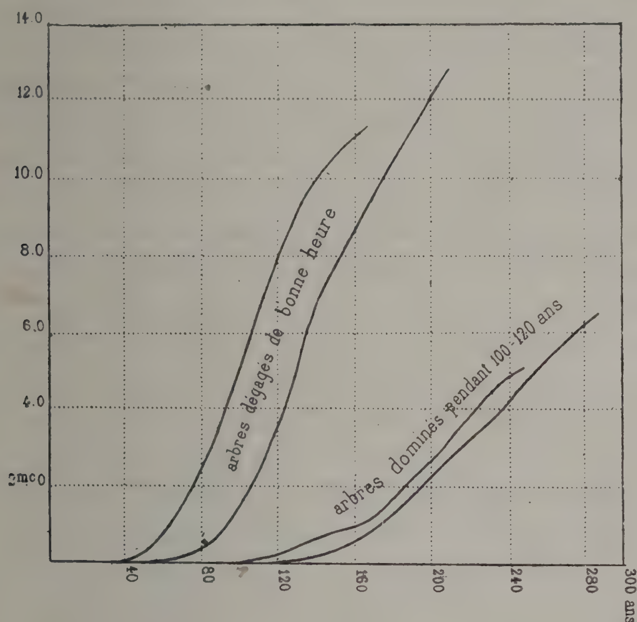


Fig. 71. — Influence d'un état dominé trop longtemps prolongé sur le développement du volume du sapin (forêt de Colroy-Lubine, Vosges) [d'après M. Schæffer].

du volume de sapins dominés peu de temps à côté d'autres dominés très longtemps ; ces derniers dépérissent vers 250 ou 300 ans ayant à peine atteint la moitié du volume d'un sapin de 160 ans dégagé peu après sa naissance.

§ 9. — Coefficients de forme et tarifs de change.

Coefficients de forme. — On appelle coefficient de forme d'un arbre le rapport entre son volume et celui d'un cylindre droit de même hauteur ayant pour génératrice le contour de la section faite à hauteur d'homme [1].

1. Les coefficients de forme basés sur la section à hauteur d'homme ($1^m,30$) sont dits coefficients de forme *vulgaires* par opposition aux coefficients *normaux* ou *vrais*

Malgré leur nom, les coefficients de forme ne s'appliquent qu'assez mal à la mesure exacte de la forme des arbres. En effet, si'l est évident que deux arbres géométriquement *égaux* ont le même coefficient de forme, la réciproque est inexacte : deux arbres de même coefficient peuvent avoir des formes très différentes pourvu qu'ils aient même volume et des surfaces terrières inversement proportionnelles à leurs hauteurs. Bien mieux, on établirait facilement que deux arbres géométriquement *semblables,* ayant par exemple la forme de deux cônes de révolution de même angle au sommet, ont des coefficients de forme différents si leurs hauteurs diffèrent. Cependant il faut reconnaître que si les coefficients de forme ne fournissent pas une mesure mathématique de la forme des arbres, ils en donnent toutefois une idée assez approchée pour qu'il y ait de l'utilité à les considérer, même à ce point de vue.

Enfin, s'ils ont de l'importance pratique, c'est surtout à cause de leur emploi pour le cubage : aussi en parlons-nous ici, et non pas au § 7 où nous nous occupions de la forme des arbres. Les Allemands ont conservé l'habitude de mesurer sur le terrain les diamètres et les hauteurs des arbres et de les cuber ensuite au moyen de coefficients de forme tirés de tables spéciales. Ainsi un arbre a $0^{m},65$ de diamètre à hauteur d'homme et 35 mètres de hauteur. Sa surface terrière est de $0^{mc},332$; une table convenant au cas particulier donne comme coefficient de forme $0^{mc},509$; le volume sera $0^{mc},332 \times 35 \times 0,509 = 5^{mc},950$. En France nous procédons autrement : nous avons des tarifs à deux entrées qui nous auraient donné immédiatement le volume de $5^{mc},950$ pour $d = 0^{mmc},065$ et $h = 35$ mètres.

Le procédé français, plus rapide, tend à s'introduire en Allemagne pour la pratique du cubage. Les coefficients de forme ont pourtant un avantage sérieux qui nous a décidé à en parler ici. Ils nous permettent de donner une idée suffisamment approximative de la forme des arbres, et de plus leur emploi nous permet de condenser en des

---

de Pressler, basés sur la section faite à 1/20 de la hauteur, ou à ceux proposés par M. Rinicker. Les coefficients de forme vulgaires sont les seuls usités en pratique et les seuls dont nous parlerons ici.

tableaux très simples, comme celui de la page 56, la matière de nombreux et volumineux tarifs de cubage[1].

La hauteur à laquelle on mesure la section de base ou surface terrière était autrefois assez variable; l'association des stations de recherches allemandes l'a fixée à $1^m,30$ du sol, hauteur maintenant partout adoptée en Allemagne, Autriche et Suisse[2].

Les coefficients de forme varient surtout avec la hauteur des arbres, sans qu'il soit absolument nécessaire, lorsqu'on ne recherche pas une grande précision (souvent illusoire en pareille matière), de se préoccuper de l'âge et des conditions de station. Cette remarque, faite depuis longtemps en France[3] où elle a conduit à l'usage général des tarifs de cubage à deux entrées (diamètre et hauteur), a été confirmée en Allemagne et mise en évidence surtout par M. v. Baur. Aussi dans les tables de coefficient de forme n'est-il généralement pas question des conditions de station, bien que l'on sache maintenant que, dans des conditions favorables, les coefficients de forme (notamment pour le pin sylvestre) sont un peu plus forts. L'influence de l'âge n'est pas non plus très sensible; on s'est contenté, dans les publications officielles récentes, de distinguer 3 classes: les jeunes bois, les bois moyens et les vieux bois.

---

1. Les forestiers allemands emploient les coefficients de forme depuis plus d'un siècle. Le premier qui en ait parlé est, dit-on, Paulsen (1795). Les tables anciennes les plus connues sont celles de Cotta (1804, importées en France par de Salomon), de König (1835), de Hundeshagen, etc. Parmi les auteurs contemporains, citons Pressler, puis MM. R. Hartig, von Baur (hêtre, épicéa), Kunze (pin, épicéa), Schwappach (pin sylvestre), Weise (pin), Lorey (sapin), Schuberg (sapin), etc., etc.

2. En France on mesurait assez généralement, au siècle dernier, à 4 pieds du sol, ce qui correspond exactement à $1^m,30$ (le pied de roi valant $0^m,32484$). Cependant il est incontestable que de très gros arbres, surtout lorsqu'ils ont crû à l'état bien dégagé, doivent être mesurés plus haut, l'évasement du pied étant encore très sensible à $1^m,30$. Actuellement, en France, on mesure le plus souvent à $1^m,50$ du sol. Sur les terrains très inclinés, il n'est pas indifférent de compter la hauteur à partir du sol en amont ou en aval de l'arbre; le système le plus pratique serait de mesurer à partir de l'amont. Les stations allemandes, réunies à Eberswalde, discutent cette question au moment même où nous écrivons ces lignes.

3. Voir Vivier, *Étude sur la forme de la tige des sapins*. Colmar, 1870. « Des sapins de même diamètre à $1^m,50$ du sol ont leurs volumes sensiblement proportionnels aux hauteurs. »

Le tableau ci-dessous, que nous empruntons à la 4e édition (1891) de la *Holzmesskunde* de M. v. Baur, résume les résultats publiés par les stations de recherches allemandes.

Coefficients de forme vulgaires

d'après les travaux des stations de recherches forestières.

(Diamètres mesurés à 1m,30 du sol.)

HAUTEURS EN MÈTRES.	COEFFICIENTS DE FORME de L'ÉPICÉA. (v. Baur.)	du PIN SYLVESTRE (Kunze.)	du HÊTRE. (v. Baur.)	du SAPIN. (Schuberg.)
5	0.97	0.91	»	0.96
6	0.89	0.85	»	0.89
7	0.85	0.79	0.71	0.83
8	0.81	0.74	0.69	0.79
9	0.77	0 69	0.67	0.76
10	0.75	0.66	0.65	0.73
11	0.73	0.64	0.64	0.71
12	0.70	0.62	0.62	0.69
13	0.69	0.60	0.61	0.68
14	0.67	0.58	0.60	0.67
15	0.66	0.57	0.59	0.66
16	0.65	0.56	0.58	0.65
17	0.64	0.54	0.58	0.64
18	0.63	0.53	0.57	0.63
19	0.62	0.53	0.57	0.63
20	0.62	0.52	0.57	0.62
21	0.61	0.51	0.57	0 62
22	0.60	0.51	0.56	0.61
23	0.59	0.51	0.56	0.61
24	0.58	0.50	0.56	0.60
25	0.58	0.50	0.56	0.60
26	0.57	0.50	0.56	0.59
27	0.56	0.50	0.57	0.59
28	0.55	0.49	0.57	0.58
29	0.55	0.49	0.57	0.58
30	0.54	0.49	0.58	0.57
31	0.53	0.49	0.58	0.56
32	0.52	0.49	0.58	0.55
33	0.52	0.49	0.59	0.55
34	0.51	0.48	0.59	0.54
35	0.51	»	0.60	0.53
36	0.50	»	0.60	0.52
37	0.49	»	»	0.51
38	0.49	»	»	0.50
39	0.48	»	»	0.49
40	0.48	»	»	0.48

Le tableau suivant, plus détaillé, est extrait du livre publié par les soins du Directeur de la station de recherches prussienne, M. Schwappach, sur le pin sylvestre (1890). Il est basé sur 17,059 mesurages et s'applique à l'Allemagne du Sud.

Coefficients de forme du pin sylvestre

pour l'Allemagne du Sud.

HAUTEURS EN MÈTRES.	COEFFICIENTS DE FORME		
	pour les BOIS JEUNES. (21 à 40 ans.)	pour les BOIS MOYENS. (41 à 80 ans.)	pour les VIEUX BOIS. (81 ans et plus.)
4.	1.020	»	»
5.	0.910	0.792	»
6.	0.826	0.742	»
7.	0.744	0.704	»
8.	0.718	0.670	»
9.	0.680	0.640	»
10.	0.650	0.616	»
11.	0.626	0.594	0.664
12.	0.604	0.574	0.630
13.	0.584	0.557	0.602
14.	0.565	0.542	0.578
15.	0.548	0.531	0.559
16.	0.534	0.520	0.544
17.	0.522	0.512	0.530
18.	0.512	0.504	0.518
19.	»	0.498	0.512
20.	»	0.493	0.500
21.	»	0.490	0.494
22.	»	0.486	0.490
23.	»	0.484	0.486
24.	»	0.483	0.485
25.	»	0.482	0.484
26.	»	0.481	0.483
27.	»	0.480	0.482
28.	»	0.478	0.480
29.	»	0.476	0.478
30.	»	»	0.476
31.	»	»	0.473
32.	»	»	0.470
33.	»	»	0.466
34.	»	»	0.462
35.	»	»	0.458
36.	»	»	0.453
37.	»	»	0.448
38.	»	»	0.443
39.	»	»	0.439
40.	»	»	0.436

La figure 72 montrera d'une façon peut-être plus nette que le tableau précédent combien peu l'âge a d'influence sur les coefficients de forme. Ajoutons que dans l'étendue d'un grand pays comme l'Allemagne, les variations des coefficients de forme sont très peu

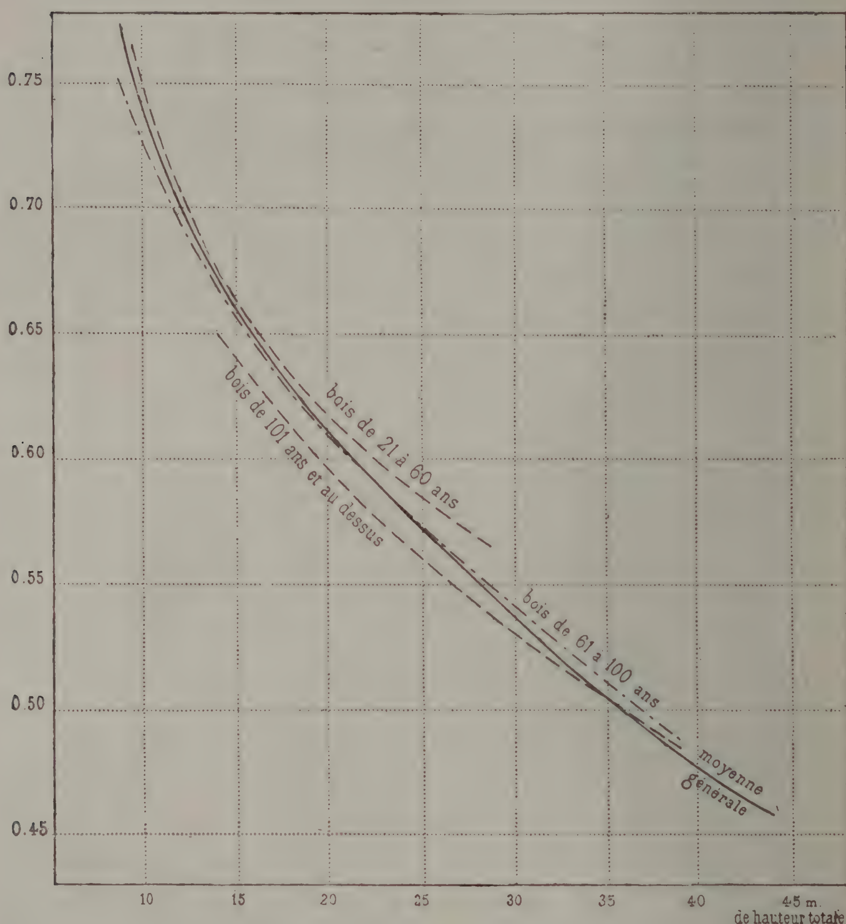


Fig. 72. — Coefficient de forme de l'épicéa (d'après M. v. Baur).

importantes; on a prouvé que les chiffres calculés en Bavière pour le pin pouvaient s'appliquer en Poméranie et ceux de l'épicéa en Saxe diffèrent à peine de 2 à 3 p. 100 (en plus) de ceux trouvés en Bavière[1].

1. *Massentafeln der Fichte*, par von Baur, 1890, tables I à III.

Variations des coefficients de forme suivant la hauteur. — Les coefficients de forme servant surtout au cubage des bois sur pied on a dû, par conséquent, établir des tables qui les donnent en fonctions d'une dimension directement mesurable sur le terrain : on a choisi la hauteur qui est à la fois la plus caractéristique de l'âge et des conditions de végétation et celle qui a le plus d'influence sur les coefficients de forme.

Les coefficients de forme diminuent à mesure que la hauteur augmente, mais avec une rapidité qui n'est pas constante. La figure 73,

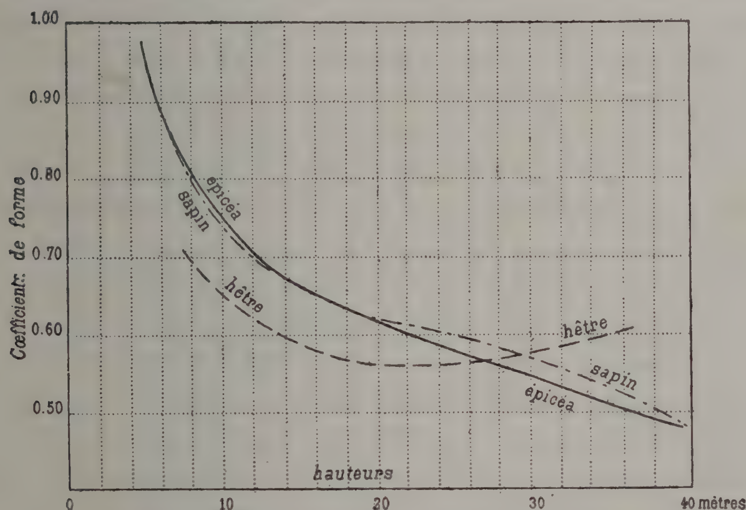


Fig. 73. — Variation des coefficients de forme avec la hauteur.

dont les éléments sont empruntés au tableau de la page 56, donne une idée immédiate de cette variation. On voit que chez l'épicéa la diminution persiste et est à peu près uniforme à partir d'un certain moment; chez le sapin (Forêt-Noire), elle redevient plus rapide pour les grandes hauteurs ; chez le hêtre, le coefficient de forme paraîtrait passer par un minimum et croître un peu avec la hauteur à partir de 25 mètres environ.

Tarifs de cubage. — Les tarifs de cubage sont surtout usités en France, cependant nous avons dit que divers travaux allemands renferment de véritables tarifs. Ceux-ci ne sont, du reste, pas une nouveauté absolue en Allemagne ; les *Massentafeln* publiées en 1846, par l'administration bavaroise, étaient de véritables tarifs

de cubage pour sept essences s'appuyant sur le cubage détaillé de 40,220 arbres[1].

Les tables bavaroises présentent déjà une particularité que nous retrouvons dans celles publiées en 1890 et 1891 ; on y établit des tarifs spéciaux pour les diverses catégories d'âge. C'est ainsi que pour l'épicéa et le sapin il y a trois tarifs s'appliquant aux jeunes bois, aux bois moyens et aux vieux bois.

Cette intervention de l'âge que l'on ne trouve pas dans nos tarifs français s'explique en Allemagne pour plusieurs causes. La première se trouve dans l'influence de l'école de Pressler et de ses adhérents ; il serait sans intérêt pour les lecteurs français d'entrer dans le détail de ces querelles d'école. De plus les Allemands, qui emploient généralement des méthodes d'aménagement par volume dans leurs futaies, ont, plus que nous, besoin de connaître très exactement le volume, non seulement des vieux bois (les seuls auxquels nous appliquions en France la possibilité par volume), mais encore des bois jeunes et moyens. Enfin nos voisins ont la prétention de faire des tarifs qui s'appliquent à tout l'Empire allemand, ou du moins à une grande partie de cet empire, ce qui les oblige à des distinctions sans intérêt pour nous dont les tarifs ne s'appliquent que tout au plus à une région naturelle comme les Hautes-Vosges, ou encore à une seule forêt ou une seule série ; souvent même, comme chacun sait, chaque parcelle de l'affectation périodique en régénération a son tarif spécial. Il n'y a aucune utilité, dans ces conditions, à introduire des considérations d'âge dans nos tarifs construits uniquement en fonction du diamètre et de la hauteur, et lorsque les tarifs ne doivent être employés que dans une région peu étendue et bien homogène, on peut même en construire qui donnent le volume en fonction du diamètre seulement. De pareils tarifs sont évidemment moins exacts et ne peuvent servir que pour cuber un grand nombre d'arbres à la fois.

Pour établir un tarif de cubage on fait abattre, dans la forêt ou la

---

1. *Massentafeln zur Bestimmung des Inhalts der vorzüglichsten deutschen Waldbäume.* Munich, 1846 (chêne, pin sylvestre, sapin, hêtre, épicéa, mélèze et bouleau). Ces tables éditées pour la première fois en anciennes mesures bavaroises, ont été converties en mesures métriques et publiées en 1872 par M. Ganghofer (*Der Holzrechner,* 2e édition), et par M. Behm (*Massentafeln, etc.,* 2e édition. Berlin, chez Springer, 1875).

parcelle où ce tarif doit s'appliquer, un nombre suffisamment grand d'arbres de tous les diamètres ; on prend naturellement un nombre de tiges d'essai plus grand parmi les catégories de diamètre plus abondamment représentées dans le peuplement. On cube exactement ces arbres par les procédés connus et on fait la moyenne arithmétique des résultats obtenus pour chaque diamètre. Voici par exemple les résultats qu'on trouverait [1].

DIAMÈTRES.	VOLUMES.	DIAMÈTRES.	VOLUMES.	DIAMÈTRES.	VOLUMES.
metr.	m. cub.	mètr.	m. cub.	metr.	m. cub.
0.20	0.199	0.55	3.899	0.90	9 241
0.25	0.344	0.60	4.655	0.95	11.001
0.30	0.624	0.65	5.297	1.00	12.932
0.35	1.289	0.70	5.979	1.05	13.985
0.40	1.751	0.75	7.182	1.10	15.084
0.45	2.215	0.80	8.275		
0.50	2.865	0.85	8.773		

Il est toujours utile de soumettre le tarif ainsi obtenu à une vérification graphique. Voici comment on procède. Sur deux axes de coordonnées on porte en abscisses les diamètres, en ordonnées le volume moyen correspondant et on joint les points obtenus par un trait continu. Si l'on a opéré dans des conditions convenables, c'est-à-dire dans une parcelle, canton, forêt ou région naturelle vraiment bien homogène, où les arbres puissent être cubés par un même tarif et qu'on ait un nombre suffisant d'arbres d'essai, on doit obtenir une ligne bien régulière. Cette ligne serait identique à celle que nous avons tracée pour étudier le développement du volume des arbres (fig. 61 à 63), si le diamètre croissait proportionnellement à l'âge ; en fait elle a la même forme et en diffère assez peu. En se guidant sur la forme générale de la courbe on fera disparaître de petites irrégularités dont les tarifs sont rarement exempts [2].

1. Le tarif que nous donnons s'applique au chêne dans la parcelle D^2 du canton de Pont-à-la-Dame de la forêt de Bellême. Il donne le volume en bois d'œuvre (de $0^m,25$ de diamètre et au-dessus), et est dû à M. Dagoury.

2. Il est certain que ces irrégularités disparaîtraient d'elles-mêmes si on prenait un nombre très grand d'arbres d'expérience ; l'avantage du procédé que nous exposons et qui est enseigné depuis 1890 dans le cours d'aménagement à l'École forestière de Nancy, est précisément de permettre de construire des tarifs plus exacts en abattant un nombre d'arbres relativement faible.

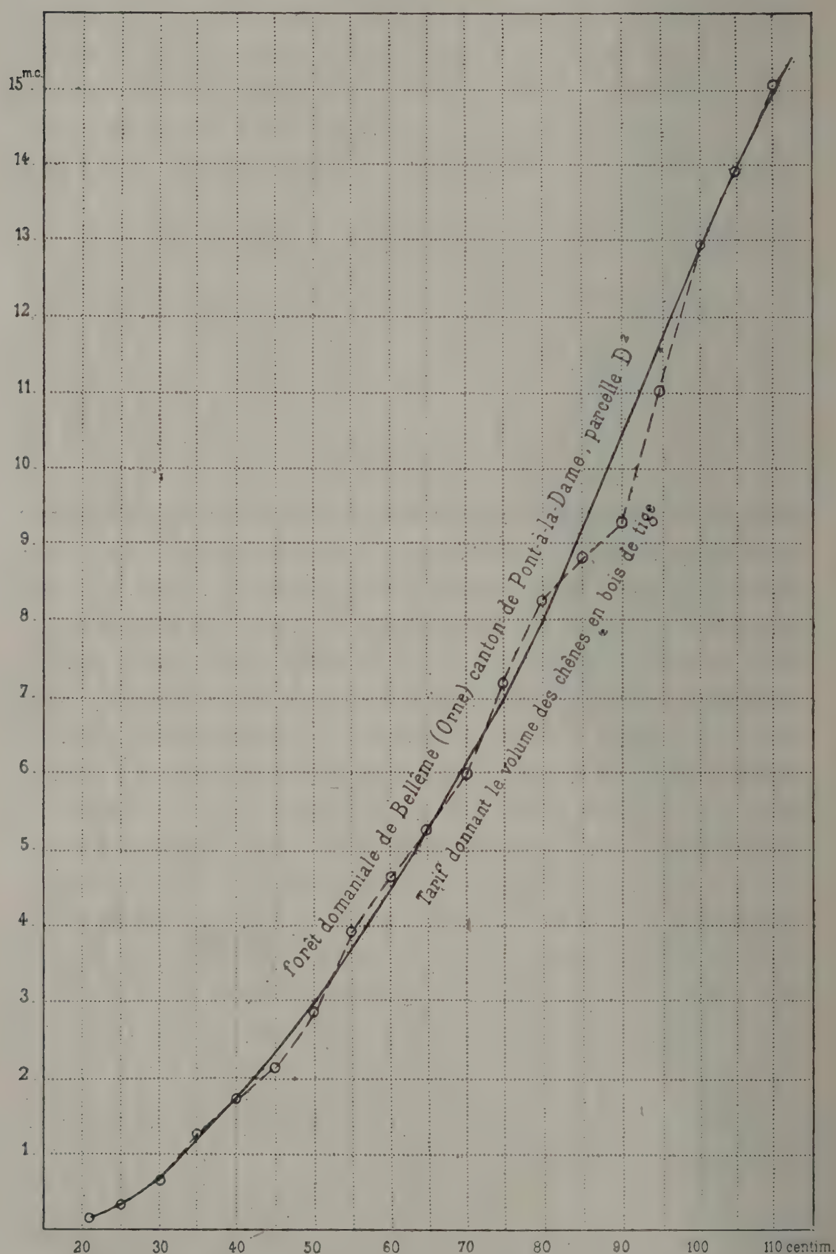


Fig. 74. — Rectification graphique d'un tarif de cubage.

En opérant ainsi pour le tarif cité plus haut nous arrivons au résultat suivant (voir fig. 74).

DIAMÈTRES à 1m,33 du sol.	VOLUMES en bois d'œuvre.		DIAMÈTRES. à 1m,33 du sol.	VOLUMES en bois d'œuvre.	
	Primitif.	Rectifié.		Primitif.	Rectifié.
mètr.	m. cub.	m. cub.	mètr.	m. cub.	m. cub.
0.20	0.199	0.199	0.70	5.979	6.15
0.25	0.344	0.344	0.75	7.182	7.0
0.30	0.624	0.624	0.80	8.275	8.0
0.35	1.289	1.2	0.85	8.773	9.2
0.40	1.751	1.8	0.90	9.244	10.4
0.45	2.215	2.4	0.95	11.001	11.7
0.50	2.865	3.05	1.00	12.932	12.85
0.55	3.899	3.7	1.05	13.985	14.0
0.60	4.655	4.5	1.10	15.'84	15.1
0.65	5.297	5.3			

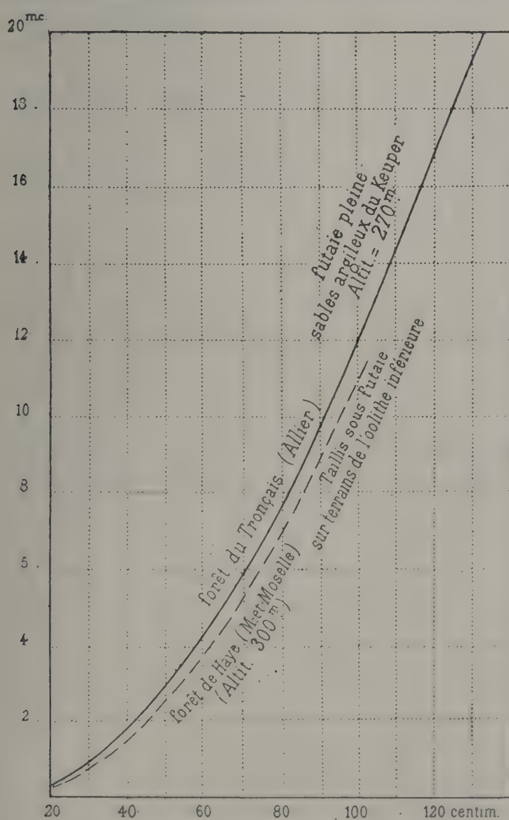


Fig. 75. — Tarifs de cubage pour le chêne.

Nous pensons qu'il ne sera pas inutile de donner ici quelques tarifs s'appliquant à différentes forêts connues de la France. Nous

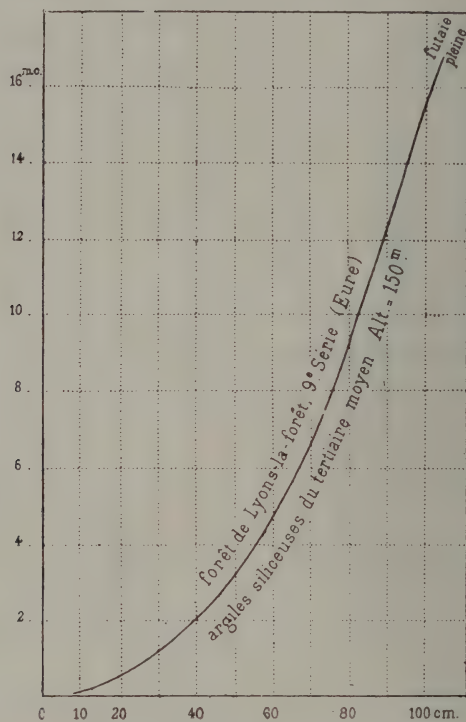


Fig. 76. — Tarif de cubage pour le hêtre.

avons soin de choisir des tarifs qui n'aient pas encore été publiés (voir fig. 75 à 78).

TABLEAU.

DIAMÈTRES à hauteur D'HOMME.	CHÊNE.		SAPIN.		ÉPICÉA.	HÊTRE.		PIN SYLVESTRE.
	Forêt DU TRONÇAIS. (Allier.)	Forêt DE HAYE. (Meurthe-et-Moselle.)	Forêts DE LA JOUX et DE LA FRESSE. (Jura.)	Forêt DE GÉRARDMER. (Vosges.)	— Forêts DU MASSACRE. (Jura.)	Forêt DE MORMAL. (Nord.)	Forêt DE GÉRARDMER. (Vosges.)	— Forêt DE SAINT-DIÉ. (Vosges.)
mètr.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
0.20.	»	0.25	0.35	0.25	0.25	0.4	0.3	0.2
0.25.	0.50	0.45	0.50	0.45	0.45	0.6	0.5	0.3
0.30.	0.90	0.65	0.85	0.72	0.65	1.0	0.85	0.5
0.35.	1.30	0.95	1.25	1.1	0.90	1.45	1.2	0.8
0.40.	1.8	1.30	1.75	1.5	1.2	2.0	1.7	1.1
0.45.	2.3	1.7	2.3	2.0	1.6	2.6	2.2	1.5
0.50.	2.9	2.2	2.9	2.5	2.0	3.2	2.9	2.05
0.55.	3.5	2.8	3.6	3.1	2.5	4.0	3.6	2.6
0.60.	4.2	3.5	4.1	3.7	3.0	4.9	4.4	3.3
0.65.	5.0	4.2	5.3	4.4	3.6	6.0	5.4	3.9
0.70.	5.8	5.0	6.3	5.2	4.2	7.2	6.4	4.6
0.75.	6.7	5.9	7.4	6.0	4.9	8.5	7.6	5.3
0.80.	7.6	6.8	8.6	6.9	5.7	10.0	8.85	6.0
0.85.	8.6	7.75	9.9	7.8	6.1	11.4	10.2	6.8
0.90.	9.6	8.8	1.11	8.8	6.5	12.8	11.7	7.6
0.95.	10.7	9.0	12.4	9.9	7.0	14.2	13.2	»
1.00.	11.8	10.9	13.7	11.0	7.4	»	14.9	»
1.05.	13.0	»	15.1	12.1	»	»	16.7	»
1.10.	14.2	»	16.5	13.3	»	»	18.6	»
1.15.	15.5	»	18.0	14.4	»	»	»	»
1.20.	16.8	»	19.6	15.6	»	»	»	»
1.25.	18.1	»	21.4	»	»	»	»	»
1.30.	19.5	»	23.6	»	»	»	»	»
1.35.	»	»	27.5	»	»	»	»	»
	Volume total.	Volume total.		Volume total en bois de plus de 0m,20 de tour.		Volume total.	Volume total.	Volume total en bois de plus de 0m,20 de tour.

La forêt du Tronçais croît sur des sables argileux keupériens à l'altitude de 270 mètres ; elle est traitée en futaie pleine. Révolutions : 144 à 180 ans.

La forêt de Haye, sur les calcaires de l'oolithe inférieure, à l'altitude de 320 mètres, est traitée en conversion de taillis sous futaie en futaie pleine. (Tarifs de MM. Nanquette et Bagnéris.)

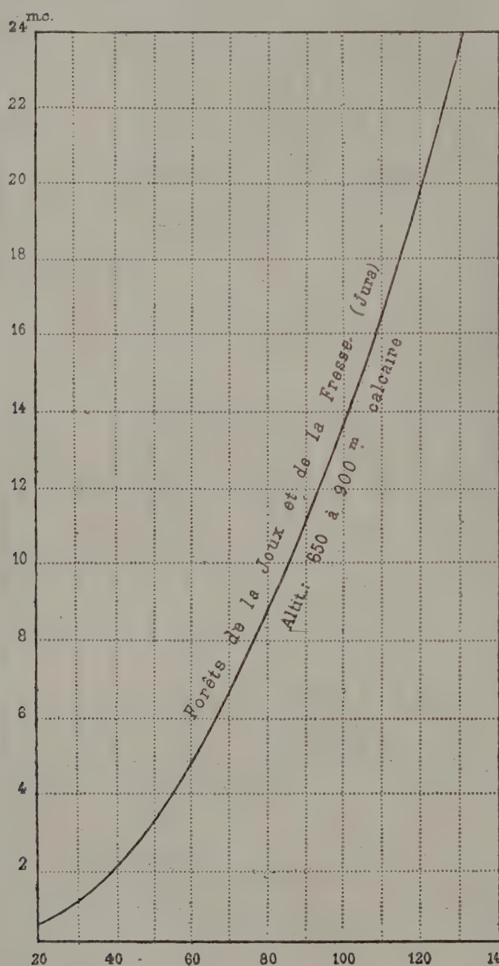


Fig. 77. — Tarif de cubage pour le sapin.

La forêt de la Joux croît sur les pentes reliant les deuxième et troisième plateaux du Jura en terrain calcaire de l'oolithe supérieure et à des altitudes de 650 à 900 mètres. C'est une sapinière jardinée en transformation en futaie pleine. (Tarif de M. de Beer.)

La forêt de Gérardmer, en sol granitique, à des altitudes de 650 à 1,000 mètres, est une sapinière jardinée en transformation en futaie pleine.

Les forêts du Massacre, sur la crête du Jura, aux altitudes de 1,300 à 1,500 mètres, croissent sur des calcaires portlandiens.

La forêt de Mormal croît sur des alluvions argilo-siliceuses à

l'altitude de 120 mètres ; elle est traitée, sur la plus grande partie de son étendue, en futaie pleine. Révolution : 150 ans.

La forêt de Saint-Dié croît sur le grès vosgien, à des altitudes de 350 à 890 mètres. Elle est traitée en futaie pleine. (Tarif de M. Crouvizier.)

Les dernières publications des stations de recherches renferment divers tarifs de cubage. Voici celui de l'épicéa, d'après M. v. Baur : il s'applique aux forêts du grand-duché de Bade, du Brunswick, de la Saxe et aux arbres de 100 ans et plus seulement.

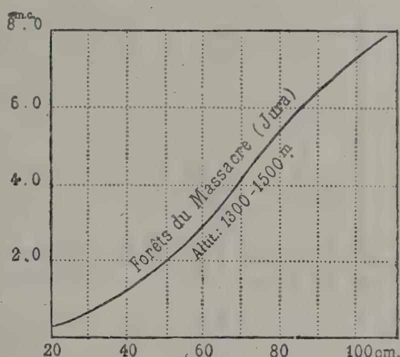


Fig. 78. — Tarif de cubage pour l'épicéa.

HAUTEUR TOTALE.	DIAMÈTRES A 1m,30 DU SOL.											
	21	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
20 mètres. . .	0.55	0.74	0.97	1.23	1.52	»	»	»	»	»	»	»
22 — . . .	0.59	0.81	1.05	1.33	1.64	»	»	»	»	»	»	»
24 — . . .	0.63	0.86	1.13	1.42	1.75	2.12	»	»	»	»	»	»
26 — . . .	0.68	0.92	1.20	1.51	1.87	2.25	2.67	3.12	»	»	»	»
28 — . . .	0.71	0.97	1.26	1.C0	1.97	2.38	2.82	2.29	3.79	»	»	»
30 — . . .	0.75	1.02	1.33	1.68	2.07	2.49	2.95	3.45	3.98	4.55	»	»
32 — . . .	0.78	1.06	1.38	1.75	2.15	2.60	3.03	3.60	4.15	4.7	5.4	6.05
34 — . . .	0.82	1.11	1.45	1.82	2.24	2.71	3.21	3.75	4.2	5.0	5.6	6.3
35 — . . .	0.84	1.13	1.48	1.86	2.29	2.76	3.28	3.83	4.3	5.1	5.7	6.45
36 — . . .	0.85	1.16	1.51	1.90	2.34	2.82	3.31	3.91	4.5	5.2	5.9	6.6
37 — . . .	»	1.18	1.54	1.94	2.39	2.88	3.41	3.99	4.6	5.3	6.0	6.7
38 — . . .	»	1.21	1.57	1.98	2.41	2.93	3.48	4.1	4.7	5.4	6.1	6.9
39 — . . .	»	»	»	2.02	2.48	2.99	3.54	4.15	4.8	5.5	6.2	7.0
40 — . . .	»	»	»	2.06	2.53	3.05	3.61	4.2	4.9	5.6	6.35	7.15
41 — . . .	»	»	»	»	»	3.11	38.6	4.3	5.0	5.7	6.5	7.3
42 — . . .	»	»	»	»	»	3.17	3.75	4.4	5.1	5.8	6.6	7.1
43 — . . .	»	»	»	»	»	»	»	4.5	5.15	5.9	6.7	7.5
44 — . . .	»	»	»	»	»	»	»	4.5	5.2	6.0	6.8	7.7

Voici enfin un tarif pour le sapin, dans la Forêt-Noire. Il s'applique à toutes les classes d'âge. On pourra le comparer aux tarifs publiés, en France, par M. Vivier en 1870 et par M. Mongenot en 1892.

Extrait des tarifs généraux de cubage pour le sapin, de M. Schuberg.

HAUTEURS TOTALES.	DIAMÈTRES SUR ÉCORCE A 1m,30 DU SOL, EN CENTIMÈTRES.																
	25.	30.	35.	40.	45.	50.	55.	60.	65.	70.	75.	80.	85.	90.	95.	100.	110.
	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
16 mètres . .	0.510	0.735	1.002	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
18 — . .	0.562	0.810	1.102	1.441	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
20 — . .	0.613	0.884	1.202	1.570	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
22 — . .	0.663	0.954	1.299	1.697	1.986	2.650	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
24 — . .	0.710	1.023	1.392	1.819	2.147	2.841	3.438	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
26 — . .	0.756	1.088	1.481	1.935	2.301	3.022	3.657	4.351	»	»	»	»	»	»	»	»	»
28 — . .	0.797	1.148	1.561	2.040	2.447	3.188	3.856	4.588	5.385	»	»	»	»	»	»	»	»
30 — . .	0.836	1.201	1.634	2.136	2.581	3.335	4.037	4.803	5.633	6.538	7.508	8.541	9.640	10.806	»	»	»
32 — . .	»	1.249	1.700	2.220	2.701	3.467	4.196	4.993	5.860	6.796	7.801	8.887	10.022	11.235	12.517	13.871	»
34 — . .	»	1.287	1.752	2.289	2.808	3.575	4.326	5.148	6.012	7.007	8.045	9.154	10.334	11.585	12.907	14.302	17.305
36 — . .	»	»	1.793	2.343	2.895	3.659	4.429	5.270	6.185	7.173	8.235	9.370	10.578	11.859	13.212	14.640	17.714
38 — . .	»	»	»	»	2.963	3.715	4.495	5.349	6.278	7.281	8.358	9.511	10.736	12.036	13.410	14.860	17.979
40 — . .	»	»	»	»	»	»	»	»	6.344	7.357	8.449	9.612	10.849	12.164	13.552	15.017	18.170
42 — . .	»	»	»	»	»	»	»	»	6.385	7.405	8.500	9.672	10.920	12.241	13.638	15.111	18.284
44 — . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	13.659	15.135	18.312

§ 10. — Taux d'accroissement du volume.

Nous appelons taux d'accroissement du volume le rapport entre l'accroissement annuel et le volume acquis au début de l'année. Nous le désignerons habituellement par la lettre τ.

De même que pour mesurer l'accroissement annuel nous avons pris la moyenne d'au moins 5 années successives, de même, pour mesurer le taux d'accroissement, nous nous servirons de l'accroissement de plusieurs années, afin d'écarter les irrégularités pouvant résulter d'années exceptionnelles. On détermine alors le taux moyen supposé uniforme, auquel s'est accru l'arbre pendant la période considérée. Voici différentes méthodes pour mesurer le taux d'accroissement.

1° Méthode de Pressler. — Nous voulons connaître le taux de l'accroissement pendant les dernières années de la vie d'une tige.

Soient v son volume au début, V son volume à la fin de la période considérée. L'accroissement est $V - v$ en p années et, en moyenne, par année, $\frac{V-v}{p}$. La grandeur moyenne du volume pendant la période p est $\frac{V+v}{2}$. Le taux est donc approximativement

$$\tau = \frac{\frac{V-v}{p}}{\frac{V+v}{2}} = \frac{2}{p}\frac{V-v}{V+v} \qquad (1)$$

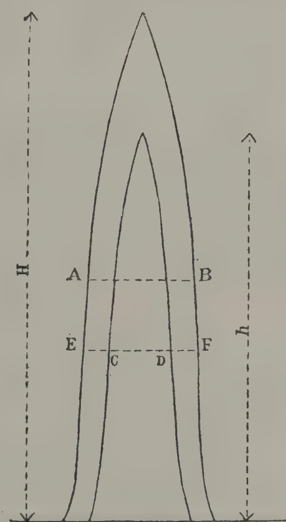


Fig. 78 *bis*.

Soit une tige d'arbre abattue : nous y faisons une section à un niveau tel qu'elle nous montre p accroissements.

Soient (fig. 78 *bis*) h la hauteur de cette section, H la hauteur totale, S la section AB au niveau $\frac{H}{2}$, s la section CD dans l'arbre au

début de la période p et au niveau $\frac{h}{2}$, l'accroissement sera

$$a = SH - sh.$$

Remplaçons H par h, nous aurons une nouvelle valeur

$$a' = h(S - s)$$

qui sera trop faible. Pour compenser cette erreur, substituons à S, section au niveau $\frac{H}{2}$, la section, plus grande, EF faite au niveau $\frac{h}{2}$, nous aurons comme valeur approchée de l'accroissement

$$a'' = h(S' - s)$$

ce qui nous fournit un moyen simple et pratique de mesurer le taux d'accroissement d'un arbre pendant ses p dernières années.

Recherchons par tâtonnements la hauteur h qu'avait l'arbre au début de la période de p années et mesurons au niveau $\frac{h}{2}$ les diamètres au commencement et à la fin de la période. Ce dernier diamètre se mesure directement; quant au premier, il s'obtient facilement en détachant avec une hache ou avec la tarière de Pressler un copeau qui permette de mesurer l'épaisseur des p dernières couches annuelles. Connaissant l'accroissement et les volumes à la fin et au début, nous aurons, par application de la formule 1,

$$\tau = \frac{2}{p}\,\frac{h(S' - s)}{HS + hs}$$

ou sensiblement

$$\tau = \frac{2}{p}\,\frac{h(S' - s)}{h(S' + s)} = \frac{2}{p}\,\frac{S' - s}{S' + s}$$

c'est-à-dire que le taux d'accroissement du volume sera celui de la surface transversale au niveau $\frac{h}{2}$.

On a fait des expériences nombreuses en vue de vérifier si réellement on pourrait substituer au taux d'accroissement du volume celui de la section en un point voisin du milieu de la tige[1].

---

1. Voir dans le numéro de 1884 de l'*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung: Zuwachs und Zuwachs-Procent,* par Th. Nördlinger.

Il est établi maintenant que le point de la tige de l'arbre auquel le taux de l'accroissement transversal est égal au taux de l'accroissement du volume se trouve un peu plus près du sol que le milieu de la longueur ; M. le Dr Th. Nördlinger l'a trouvé entre les 7/16 et les 9/16 de la longueur totale, à partir du pied. Plus le massif est serré, plus le point se trouve bas. Dans nos massifs convenablement éclaircis, on peut le placer exactement au milieu de la longueur de la tige.

2° Méthode de Breymann[1]. — Soient v le volume d'un arbre, d son diamètre à hauteur d'homme, l sa hauteur et K son coefficient de forme, on a

$$v = \mathrm{K}\, d^2 l.$$

Soit a l'accroissement de v correspondant aux accroissements δ et λ de d et de l, on sait que si a, δ et λ sont suffisamment petits on peut écrire

$$\begin{aligned} a &= \mathrm{K}(2d\delta l + d^2\lambda) \\ &= \mathrm{K}d^2 l\left(\frac{2\delta}{d} + \frac{\lambda}{l}\right) = v\left(\frac{2\delta}{d} + \frac{\lambda}{l}\right) \end{aligned}$$

d'où

$$\frac{a}{v} = \tau = \frac{2\delta}{d} + \frac{\lambda}{l}.$$

Telle est la formule de Breymann. Elle nous montre que le taux d'accroissement du volume est la somme du taux d'accroissement de la surface terrière (le taux d'accroissement de la surface d'un cercle étant double de celui de son diamètre) et du taux d'accroissement de la hauteur.

Ceci n'est évidemment rigoureusement vrai que si K reste constant pendant que l'accroissement se produit, c'est-à-dire si la période d'accroissement est courte et l'arbre suffisamment âgé.

Remarquons encore que, si l'arbre est âgé, λ est très petit et l très grand ; on peut alors négliger le terme $\frac{\lambda}{l}$ et la formule devient

$$\tau = \frac{2\delta}{d},$$

1. Breymann, professeur à Mariabrunn, *Anleitung zur Aufnahme der Holzmassen, etc.* Vienne, 1857, chez Braumüller.

formule assez inexacte, puisque nous savons que τ est égal, non pas, comme l'indique cette formule simplifiée, au taux d'accroissement de la section à hauteur d'homme, mais à celui de la section faite au milieu de la tige, ce qui peut être très différent[1].

3° Méthode de Schneider. — Une troisième méthode est due à Schneider, professeur à Eberswald, de 1830 à 1873. Elle est moins exacte que les précédentes, mais d'une application souvent commode.

La formule de Breymann simplifiée nous donne

$$\tau = \frac{2\delta}{d}.$$

Soit e l'épaisseur moyenne des n' derniers accroissements, n' étant tel que $n'e = 0^{m},01$. On aura, l'accroissement du diamètre étant double de l'épaisseur d'une couche annuelle,

$$e = \frac{1}{n'} = \frac{\delta}{2}$$

ou

$$\tau = \frac{4}{n'd}, \text{ formule de Schneider}[2].$$

4° Méthode algébrique. — Enfin on peut encore calculer algébriquement le taux, supposé constant, auquel s'est accru le volume v pour passer en p années à la valeur V. Nous savons qu'on a

$$V = v(1 + \tau)^{p}$$

---

1. Si n est l'âge de l'arbre, et si l'on suppose l'accroissement du diamètre constant et égal à e, on a $d = ne$ et $\delta = e$; d'où, par l'application de la formule de Breymann simplifiée, $\tau = \frac{2}{n} = \frac{1}{\frac{n}{2}}$ (M. Puton, *Traité d'économie forestière,* I, p. 210).

2. Soit v_n le volume d'un arbre ou d'un peuplement de n ans, soit a_n son n^e accroissement annuel et τ_n son taux d'accroissement, on aura d'après la formule de Schneider $\tau_n = \frac{4}{n'd}$, d'où $a_n = \frac{4v_n}{n'd}$. Or, l'accroissement moyen à l'âge n est $\frac{v_n}{n}$; on saura donc que le peuplement où l'arbre a atteint ou dépassé l'âge du plus grand accroissement moyen, selon que $\frac{4v_n}{n'd} \overset{=}{<} \frac{v_n}{n}$ ou $\frac{4}{n'd} \overset{=}{<} \frac{1}{n}$ ou encore, suivant que $4n$ sera égal à ou plus petit que $n'd$.

d'où $$1+\tau=\sqrt[p]{\frac{V}{v}} \quad \text{et} \quad \tau=\sqrt[p]{\frac{V}{v}}-1$$

formule qu'on emploie quelquefois lorsque, comme dans les analyses de tiges, on connaît les termes V et v, mais qui suppose que pendant le temps p l'accroissement du volume a été proportionnel à ce volume, ce qui n'est pas rigoureusement exact.

Variation du taux d'accroissement du volume. — Le taux d'accroissement du volume part de valeurs très fortes pendant les premières années, puis il diminue continuellement, quoique plus en plus lentement, jusqu'à la mort de l'arbre.

Les chiffres suivants donneront une idée de la marche de cette décroissance.

AGES.	SAPINS DU JURA. (M. Brenot.)	PIN MARITIME analysé par les élèves de l'Ecole de Nancy.	SAPINS de la FORÊT-NOIRE. (M. Schuberg.)	ÉPICÉA des CARPATHES. (M. Lazuriannu.)
5 ans	»	10.0 p. 100	»	
10 —	»	» —	»	36.0 p. 100
15 —	16.9 p. 100	5.0 —	»	26.0 —
20 —	» —	» —	»	27.5 —
25 —	12.7 —	3.3 —	»	21.6 —
30 —	» —	» —	»	16.0 —
35 —	8.8 —	2.3 —	»	13.8 —
40 —	» —	» —	»	10.5 —
45 —	7.1 —	1.9 —	»	8.4 —
50 —	» —	» —	»	5.7 —
55 —	5.5 —	1.6 —	»	4.6 —
60 —	» —	» —	»	3.9 —
65 —	3.9 —	1.3 —	1.7 p. 100	3.0 —
70 —	» —	» —	» —	2.8 —
75 —	3.2 —	1.2 —	3.2 —	2.4 —
80 —	» —	» —	» —	2.0 —
85 —	3.0 —	1.0 —	3.0 —	1.5 —
90 —	» —	» —	» —	1.4 —
95 —	2.5 —	0.98 —	2.3 —	1.3 —
100 —	» —	» —	» —	1.3 —
105 —	2.4 —	0.89 —	1.3 —	1.1 —
110 —	» —	» —	» —	1.2 —
115 —	2.2 —	0.86 —	» —	» —
120 —	» —	» —	» —	» —
125 —	2.1 —	» —	» —	» —
130 —	»	» —	» —	» —

Le taux d'accroissement du volume dépend naturellement de toutes les circonstances qui influent sur l'accroissement du volume. C'est ainsi qu'il est notablement plus fort sur des arbres isolés que sur des arbres en massif et, pour ces derniers, il est d'autant plus faible que le massif est plus serré. Les chiffres suivants en donneront la preuve.

Sapins dans des conditions de stations moyennes (d'après M. Schuberg).

Taux d'accroissement du volume des tiges.

AGES.	TAUX d'accroissement.	NOMBRE de tiges à l'hectare.	TAUX d'accroissement.	NOMBRE de tiges à l'hectare.
De 61 à 70 ans	4.7 p. 100	2,400	5.7 p. 100	1,300
De 71 à 80 —	3.2 —	1,770	4.3 —	960
De 81 à 90 —	3.0 —	1,350	3.4 —	770
De 91 à 100 —	2.3 —	1,100	2.7 —	630
De 101 à 110 —	1.3 —	900	2.4 —	530

Un arbre qui passe de l'état de massif serré à un état plus libre voit augmenter, et souvent dans de très fortes proportions, le taux de l'accroissement de son volume. Il n'est pas rare de voir ce taux d'accroissement aller jusqu'à tripler à la suite de coupes venant isoler des arbres qui avaient crû jusque-là à l'état serré ; si bien que l'on a observé plus d'une fois des parcelles de forêt dans lesquelles on pouvait enlever un tiers, ou même plus, du matériel sur pied sans que la quantité de bois produite annuellement dans la parcelle en subît une diminution immédiate.

L'effet des coupes de dégagement varie suivant les sols et les climats. Sur les bons sols, aux expositions fraîches, il est plus certain et plus énergique que sur les terrains médiocres ou aux expositions du sud et de l'ouest[1]. Il est bien naturel du reste que l'accroissement soit d'autant plus augmenté que l'arbre se trouvait autrefois plus contrarié ; l'effet le plus considérable s'observe chez des essences, telles que le sapin ou le hêtre, ayant crû à l'état très serré lorsqu'on vient à les éclaircir.

1. Weber, *Lehrbuch der Forsteinrichtung,* p. 185 et suivantes.

Toutefois, le dégagement trop brusque d'arbres ayant vécu en massif peut être plus nuisible qu'utile. Ainsi chez certaines essences, comme le chêne, il provoque l'apparition de branches gourmandes qui amènent le dépérissement de la cime. D'autres essences, celles dont l'écorce n'est pas protégée par un rhytidome épais, comme le hêtre et le frêne, perdent leur écorce qui se détache par plaques. Enfin la destruction de l'état de massif expose les arbres aux ravages du vent et amène ordinairement des effets très nuisibles sur la fertilité du sol. Ces considérations peuvent expliquer comment des coupes, faites en vue d'augmenter le taux d'accroissement, ont pu, quelquefois, avoir un résultat peu sensible ou même mauvais.

Ordinairement l'effet de la coupe d'isolement dans des massifs jusque-là très serrés ne se fait sentir que 2 à 4 années après la coupe; ce n'est que dans des massifs jeunes et où les cimes n'étaient pas trop étriquées qu'on observe un effet considérable dès la première année. Cet effet est d'ailleurs passager : après avoir été d'abord en augmentant, le taux d'accroissement reprend bientôt la marche naturellement décroissante qu'il présente chez tous les arbres.

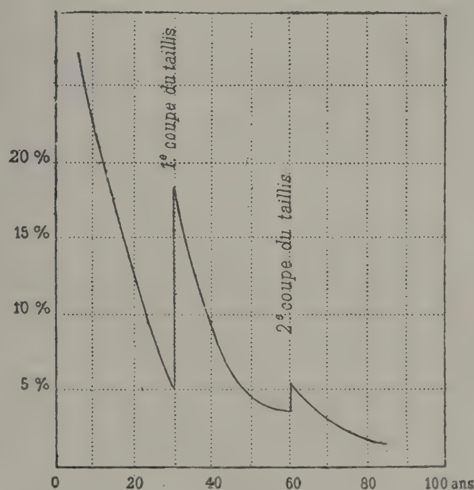


Fig. 79. — Taux d'accroissement du volume de la tige de chênes réservés au-dessus du taillis.

Le taux d'accroissement du volume des tiges des chênes de taillis sous futaie paraît suivre une marche analogue. La figure 79 traduit les résultats de recherches de M. Bartet. Des études faites par M. l'Inspecteur des forêts Galmiche, sur 853 chênes réservés au-dessus de taillis dans les forêts des environs de Darney (grès bigarré), ont donné les résultats suivants :

DIAMÈTRES à 1m,50 du sol.	AGE.	VOLUME total.	TAUX d'accroissement du volume.	DIAMÈTRES à 1m,50 du sol.	AGE.	VOLUME total.	TAUX d'accroissement du volume.
mètr.	ans.	m. cub.		mètr.	ans.	m. cub.	
0.05	16	»		0.40	98	1.96	
0.10	31	»	»	0.45	112	2.46	1.62 p. 100
0.15	45	0.18	»	0.50	126	3.02	1.48 —
0.20	55	0.38	6.67 p. 100	0.55	140	3.88	1.74 —
0.25	64	0.62	3.40 —	0.60	154	4.77	1.42 —
0.30	73	0.98	4.43 —	0.65	168	5.89	1.56 —
0.35	84	1.38	3.24 —	0.70	182	6.84	1.04 -
0.40	98	1.96	2.57 —	0.75	196	7.82	0.93 —

On voit assez bien, sur ce tableau, le taux d'accroissement augmenter vers 60, 120, 150 ans, c'est-à-dire vers les époques où l'on abat les taillis, généralement aménagés vers 30 ans.

Les figures 80 à 82 reproduisent graphiquement le résultat d'expériences entreprises par les ordres de l'Administration royale des

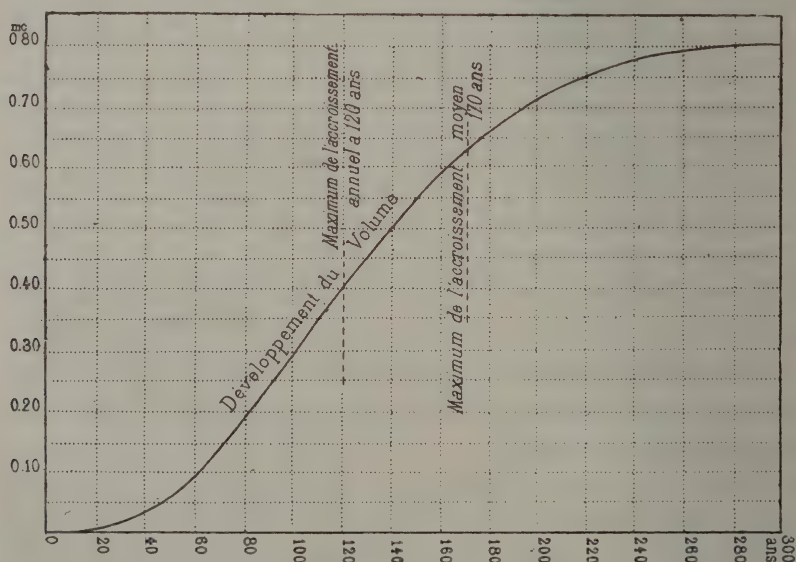


Fig. 80. — Croissance du pin sylvestre dans le nord de la Suède.

forêts suédoises en vue d'étudier la croissance du pin sylvestre dans les forêts du nord de la Suède. Les mesurages effectués par

M. Holmers, directeur de l'École des forêts, ont porté sur 1,045 arbres; les résultats, publiés en 1885 par le gouvernement suédois, ont été reproduits par M. Badstübner dans le volume de 1888 de la *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen,* d'où nous les avons extraits.

On remarquera la grande longévité du pin sylvestre sous le climat

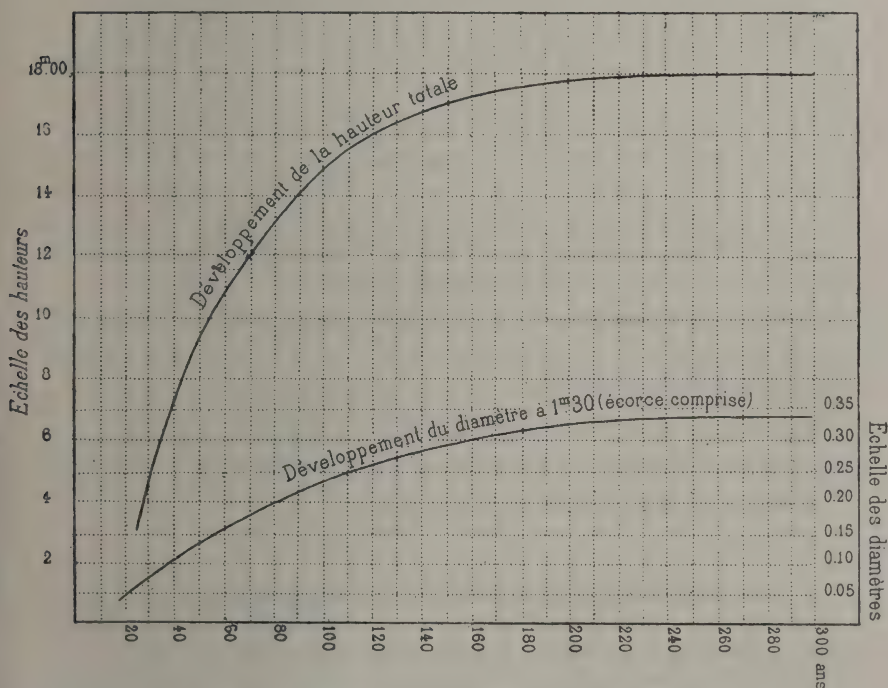


Fig. 81 et 82. — Croissance du pin sylvestre dans le nord de la Suède.

du nord de la Suède. Les accroissements de la hauteur et du diamètre à hauteur d'homme cessent d'être appréciables vers 200 à 220 ans, tandis que le volume persiste à croître, quoique très faiblement, jusque vers 280 ans. Cela tient à ce que la tige continue à grossir dans le haut de l'arbre à un âge où les couches annuelles ne sont plus discernables à l'œil nu à hauteur d'homme.

CHAPITRE II

LE DÉVELOPPEMENT DES PEUPLEMENTS

---

§ 1er. — Généralités.

Définitions. — On appelle peuplement l'ensemble des arbres qui croissent sur une parcelle de terrain forestier.

Les peuplements peuvent être d'âges multiples ou d'un seul âge; nous ne considérerons que ces derniers : ceux dont toutes les tiges sont nées à la même époque. De plus, nous supposerons toujours que les arbres forment massif et qu'ils ont tous la même origine; que le peuplement, naturel ou artificiel, semis ou plantation, provient directement de la germination de graines[1].

---

1. Les sylviculteurs ont pris l'habitude, depuis une cinquantaine d'années, de donner le nom de *futaie* à tous les peuplements, quel que soit leur âge, qui sont formés de brins de semence à l'exclusion des rejets de souche. Cette acception nouvelle du mot futaie, quoiqu'elle soit à peu près universellement adoptée aujourd'hui, est contraire à la fois à l'étymologie et à l'usage constant de nos prédécesseurs, pour qui la futaie était un peuplement dont les arbres s'étaient formé des fûts, avaient atteint un certain âge qui variait suivant l'usage local, mais qui était souvent de 40 ans. On est resté fidèle, dans le langage du droit, à l'ancienne terminologie; notre législation forestière serait parfois inintelligible si l'on ne tenait pas compte de la signification que le mot futaie a perdue par une innovation imitée de l'allemand où le mot *Hochwald* désigne aussi — quoiqu'à tort — tous les peuplements de semis, quel que soit leur âge. Du reste, les peuplements qu'il importe de distinguer ne sont pas tant les peuplements de rejets et ceux de semis que les peuplements nés du recépage de vieux bois (de plus de 40 ans par exemple), et ceux nés du recépage de jeunes bois ou produits par la germination de graines. Réaumur, entre autres, avait très bien fait cette distinction dès 1721. Les peuplements d'âges multiples ont surtout été étudiés en France où l'on remarque, en ce moment, un retour de l'opinion en leur faveur. Les travaux de M. Gurnaud, notamment, renferment quantité de données numériques sur l'accroissement des peuplements d'âges multiples. Les lois du développement des taillis sont presque complètement ignorées. Feistmantel, Pressler, ont publié des tables de production pour

Nous supposerons toujours, dans tout ce qui suivra, que le peuplement couvre une unité de surface, qui est un hectare. Ainsi, quand nous parlerons du nombre de tiges, du volume, etc., d'un peuplement, c'est du nombre de tiges, du volume à l'hectare que nous voudrons parler.

L'étude du développement des peuplements a passionné depuis un siècle les meilleurs esprits de l'Allemagne forestière. La quantité d'écrits publiés sur ce sujet, depuis 20 ans surtout, par nos voisins, est presque incroyable. Cependant, comme nous l'avons dit ailleurs, la question est loin d'être épuisée et ce n'est qu'après une longue suite de travaux faits dans des vues d'ensemble que tous les problèmes pourront être résolus. Quelques résultats généraux sont, néanmoins, acquis dès à présent : nous reproduisons ici ceux qui sont acceptés par la très grande majorité des forestiers d'Allemagne et qui ont été confirmés par des recherches effectuées dans différents pays (Autriche-Hongrie, Russie, Finlande, Suisse, Suède, etc.).

Peuplement principal, peuplement accessoire. — Tant qu'un peuplement est à l'état de semis, chacun des individus qui le composent se développe librement, sans souffrir ni bénéficier de la présence de ceux qui l'entourent. Bientôt les jeunes sujets, se développant, arrivent en contact par leurs racines et par leurs cimes, l'espace devient insuffisant et la lutte commence.

Quand tous les individus sont de vigueur bien égale, lorsque de plus le tempérament de l'essence permet aux retardataires de continuer longtemps la lutte avant d'être éliminés, il en naît une situation fâcheuse. Les cimes s'étriquent de plus en plus, l'accroissement devient presque nul, les bourgeons terminaux se développent seuls encore, quoiqu'avec peu de vigueur. Il peut arriver qu'un peuplement réduit à cet état ne présente plus aucune chance de rétablissement et qu'il n'y ait plus qu'à l'abattre pour l'empêcher d'occuper plus longtemps, sans utilité, le sol forestier. Ce cas extrême se rencontre parfois dans des repeuplements artificiels qu'on a oublié d'éclaircir : il n'est pas de forestier qui n'en puisse citer des exemples.

---

les taillis ; un certain nombre de données éparses se trouvent dans des travaux français. Il est regrettable que cette étude des taillis, que Réaumur a mise à l'ordre du jour il y a 171 ans, que Buffon, Varenne de Fenille et tant d'autres ont recommandée, n'ait pas encore été entreprise, quoiqu'elle soit relativement facile.

Le plus souvent, dès que le peuplement forme un fourré, certains individus plus vigoureux ou plus favorisés prennent de l'avance : ils s'élèvent au-dessus de leurs voisins et se retrouvent ainsi à l'état libre. Ils continuent alors à se développer rapidement, tandis que les brins dominés dépérissent de plus en plus jusqu'à la mort.

Il résulte de là que dans les peuplements de tous âges on trouve des arbres à tous les états, depuis le brin dominé, mort ou mourant, jusqu'à l'arbre franchement prédominant. M. Kraft[1] a introduit en Allemagne une classification des arbres d'un peuplement que nous reproduisons ici, parce qu'elle a été adoptée par les stations de recherches forestières et sert de base à leur définition des trois degrés d'éclaircies[2]. On distingue :

Les arbres de 1re classe, prédominants avec une cime exceptionnellement vigoureuse;

Les arbres de 2e classe, dominants, à cime bien développée ;

Les arbres de 3e classe, faiblement dominants, à cimes peu développées ;

Les arbres de 4e classe, retardataires, à cime incomplète ;

Les arbres de 5e classe, entièrement dominés, dont la cime est entièrement au-dessous de celle des arbres dominants.

Les trois premières classes forment le *peuplement principal,* les deux autres le *peuplement accessoire* ou *intermédiaire.*

Dans le présent chapitre nous aurons toujours en vue le peuplement principal. Dès qu'un arbre passe à la 4e ou à la 5e classe, dès que sa cime se déforme, se réduit, il cesse d'appartenir au peuplement et devient un produit; c'est un revenu qui se détache du capital. Nous appelons *intermédiaires* les produits dus à l'élimination des tiges hors du peuplement, par opposition au *produit principal* qui est formé par les arbres ayant atteint l'âge d'exploitation.

---

1. *Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, etc.,* par G. Kraft. Hanovre, 1881, p. 22.

2. L'éclaircie est faible quand elle n'enlève que des tiges de 5e classe, moyenne lorsqu'elle enlève en même temps les plus mauvaises parmi les tiges de 4e classe, l'éclaircie forte enlève toutes les tiges de 4e et de 5e classe.

§ 2. — Conséquences diverses de la diminution des tiges.

Conséquence au point de vue de l'âge moyen. — Supposons un peuplement renfermant des tiges dont l'âge varie de 40 à 60 ans et dont l'âge moyen actuel est de 52 ans. 30 années plus tard, les tiges de la catégorie la plus jeune seront devenues moins nombreuses, car elles auront été éliminées du peuplement par la catégorie la plus âgée et l'âge moyen sera, non pas de 52 + 30 ou 82 ans, mais de 86 ans par exemple. Ceci nous montre que, lorsqu'on veut attribuer un âge moyen à un peuplement qui n'est pas équienne, on ne doit tenir compte que des tiges qui vivront jusqu'à l'âge d'exploitation.

Conséquences au point de vue du développement de la hauteur et du diamètre. — La diminution du nombre des tiges se faisant constamment aux dépens des arbres les moins vigoureux, il en résulte qu'un arbre actuellement moyen dans un peuplement était un arbre prédominant autrefois, et que la hauteur ou le diamètre moyen du peuplement croît plus vite que celui des arbres qui le composent[1]. Lorsque dans un peuplement de 200 ans, renfermant 250 tiges, nous constatons, par l'analyse, que la hauteur moyenne de ces 250 tiges était de 28 mètres à 100 ans, nous ne pouvons pas en conclure que la hauteur moyenne du peuplement était de 28 mètres à 100 ans. En effet, à cette époque le peuplement renfermait, par exemple, 450 tiges, dont les 250 qui sont restées et qui étaient les plus fortes, et 200 autres qui ont disparu précisément parce qu'elles étaient moins développées et ont été dominées : la hauteur moyenne était donc moindre que 28 mètres. Ce que nous disons des hauteurs se dirait de même des diamètres.

Conséquences au point de vue de la surface terrière et du volume. — Lorsqu'un arbre d'une surface terrière et d'un volume

1. Voir, dans le volume de 1878, de l'*Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung*, des travaux de la station de recherches brunswickoise à ce sujet (p. 113 et suivantes). Voir aussi plus loin la figure n° 88.

donnés passe dans le peuplement accessoire, la surface terrière et le volume du peuplement principal sont naturellement diminués d'autant; le volume de tous les sujets éliminés du peuplement principal pendant la première année est à retrancher de la production du sol pendant cette année pour avoir la valeur du premier accroissement annuel du volume.

C'est ici que survient une distinction importante entre la *production en matière* et l'*accroissement du peuplement :* la production en matière la $p^{ème}$ année est égale au $p^{ème}$ accroissement annuel plus le produit intermédiaire formé la $p^{ème}$ année. *La production en matière d'un peuplement depuis sa naissance jusqu'à l'âge de* n *ans (ou, ce qui revient au même, la production annuelle d'une série de forêt aménagée à* n *ans) est égale au volume du peuplement de* n *ans, qui est la somme de tous les accroissements annuels de* 1 à n *ans, plus tous les produits intermédiaires réalisés avant* n *ans.*

Ce qui précède nous montre qu'il est impossible de déduire directement les lois du développement des peuplements de celles du développement de l'arbre[1], puisque ni la hauteur et le diamètre moyens, ni surtout la surface terrière et le volume n'évoluent de la même manière dans le peuplement que dans les arbres, considérés individuellement, qui composent ce peuplement.

§ 3. — Recherches des lois de la croissance des peuplements. — Tables de production.

Le moyen le plus simple et le plus certain d'arriver à connaître comment varient avec l'âge les différents éléments d'un peuplement consiste à choisir un nombre suffisant[2] de jeunes peuplements, de l'essence qu'on veut étudier et dans les conditions où l'on veut

---

1. Cette remarque appartient à Varenne de Fenille (p. 16 du premier mémoire de 1790, dans l'édition Marchant de 1807).

2. Théoriquement, un seul peuplement suffirait pour une même essence dans les mêmes conditions ; mais il faut compter avec les dangers d'incendie, de chablis, de délits, etc., qui peuvent rendre une place d'essai inutilisable et arrêter la suite des expériences. On est convenu, en Allemagne, de donner à chaque place d'essai une surface d'au moins 25 ares.

l'étudier. On relève soigneusement leur nombre de tiges, hauteur et diamètre moyens, volume, etc., et on renouvelle périodiquement tous ces relevés, de cinq en cinq ans par exemple, jusqu'au dépérissement des peuplements. On obtient ainsi les éléments de tracés graphiques qui permettent de figurer parfaitement les lois de l'évolution de toutes les grandeurs (nombre de tiges, hauteur, etc.) que l'on a considérées.

Cette méthode, irréprochable en théorie, a l'inconvénient d'être à peu près inapplicable, parce qu'elle exigerait des observations poursuivies pendant 100 ou même 150 ans avant de donner des résultats complets. Aussi a-t-on dû chercher d'autres procédés.

Le meilleur de tous ceux qu'on ait proposés jusqu'ici est celui que nous allons exposer d'abord et dont on attribue la première idée à Ch. Heyer et à son fils G. Heyer [1].

Méthode Heyer. — On choisit le plus grand nombre possible de parcelles *ayant toutes été, jusqu'à présent, traitées exactement de même,* et dont les âges soient échelonnés sur toute la série qu'on veut étudier; de 1 à 150 ans par exemple. On les inventorie exactement et on recommence cet inventaire tous les 4 ou 5 ans. Au bout de 15 ans au moins, ou mieux encore de 20 à 25 ans, on construit pour chaque parcelle les fragments de courbes figurant la variation des différents éléments du peuplement pendant ce temps. Les courbes figurant le développement du volume sont les plus intéressantes et on les trace d'abord [2].

Si nous avons un nombre suffisant de places d'essai et si nos observations ont été prolongées assez longtemps, nous verrons certains de ces fragments de courbes se raccorder les uns aux autres pour former une ligne continue de 1 à 150 ans. (Voir figure n° 83.)

La parcelle *d*, par exemple, âgée de 79 ans au début des recher-

1. Ch. Heyer, *Aufruf zur Gründung eines forststatistischen Vereines;* G. Heyer, *Ueber Aufstellung von Ertrags-Tafeln in Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung,* de 1857, p. 339, de 1877, p. 196 et suivantes.

2. M. Schuberg, *Die Weisstanne,* p. 85; M. Schwappach, *Wachsthum...., normaler Fichten-Bestände,* p. 44 et 45. Dans ses tables pour l'épicéa, M. von Baur a tracé d'abord la courbe des hauteurs.

ches, inventoriée périodiquement de 79 à 107 ans, a montré, de 96 à 107 ans, un développement identique à celui de la parcelle *e* qui a été étudiée de 96 à 129 ans; nous admettrons que les parcelles *d* et *e se font suite,* c'est-à-dire nous présentent des peuplements identiques, à l'âge près. Nous obtenons, grâce à cet artifice, en une vingtaine d'années, des résultats qui sont à peu près aussi exacts

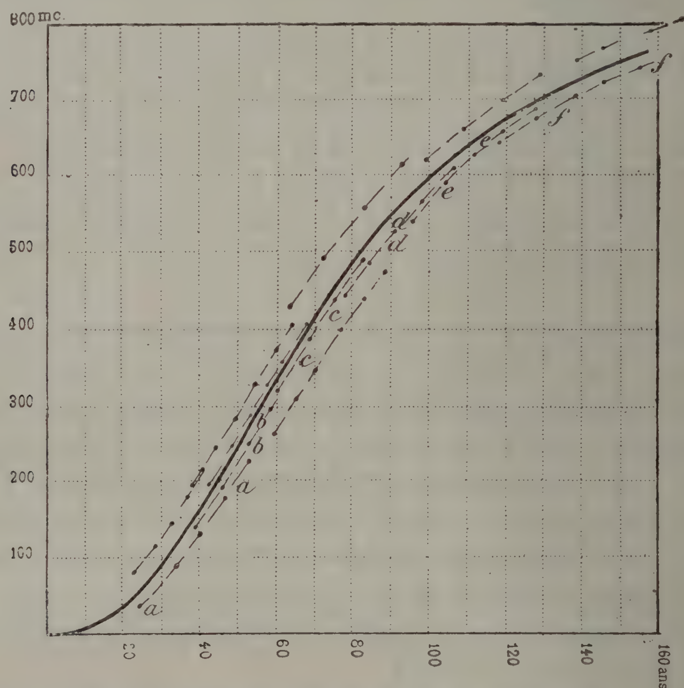


Fig. 83. — Construction des tables de production, méthode Heyer.

a, b, c, d, e, f. — Peuplements se faisant suite.

.— .— .— .— Fragments de courbes obtenus par des inventaires réitérés de peuplements types.

———— Tracé moyen adopté.

que le comporte la matière. Les résultats sont naturellement d'autant plus sûrs qu'on poursuit les études plus longtemps et sur un plus grand nombre de places d'essai.

Tout ceci suppose que les peuplements étudiés se sont développés dans des conditions absolument identiques au point de vue du traitement, ce dont on ne peut jamais être bien certain. Il peut arriver qu'un peuplement, en sol très fertile, âgé aujourd'hui de 100 ans,

ait perdu autrefois, par suite de chablis ou d'éclaircies très fortes, une portion assez notable de son volume pour n'avoir pas, à cet âge, un matériel plus considérable que celui d'une autre parcelle en sol médiocre ; il peut encore arriver que, par suite de circonstances exceptionnelles, le développement du volume se fasse d'une manière peu différente dans les deux parcelles de 100 à 110 ans par exemple, bien qu'évidemment les deux peuplements ne se fassent pas suite. On n'échappe aux conséquences de ces anomalies qu'en multipliant et en prolongeant les observations.

On est du reste averti de singularités comme celle que nous venons de citer à titre d'exemple en construisant les courbes qui figurent le développement de la hauteur ou de la surface terrière. Voici, par exemple, une série de places d'essai *a, b, c, d*... dont les peuplements se font suite sur la courbe des volumes (fig. 83). Construisons les courbes des hauteurs pour ces mêmes parcelles : si les différents fragments pour les parcelles *a, b, c, d*... se raccordent bien, nous admettrons que les parcelles se font suite réellement et nous nous en servirons pour nos études. Sinon, nous les écarterons comme *anormales*[1], c'est-à-dire comme parcelles présentant, par suite de circonstances que nous ignorons dans leur passé (accidents météoriques, incendies, ravages d'insectes, délits, etc. etc...), une végétation anormale, exceptionnelle.

Telle est la méthode la plus recommandable pour étudier les peuplements dans leurs variations avec l'âge. C'est à elle qu'ont fini par se rallier la majorité de ceux qui sont chargés, en Allemagne, de ce genre de travaux. Les tables de production du sapin par M. Schuberg, que nous avons déjà si souvent citées, sont basées sur des cubages faits dans une centaine de places d'essai, dont 33 sont installées depuis 1843 et ont été inventoriées à des intervalles variant de 3 à 8 ans, de 1843 à 1871, et tous les 5 ans de 1871 à 1885, de sorte que beaucoup ont été inventoriées jusqu'à 7 fois en 42 ans. La plupart de ces places d'essai se trouvent dans des conditions de végétation moyennes.

Les tables publiées pour l'épicéa, en 1890, par M. Schwapach, sont basées sur 873 inventaires dans 472 places d'essai, dont 138 ont été inventoriées 3 ou 4 fois à 5 ans d'intervalle. Dans ce travail, ce sont sur-

1. Congrès des stations de recherches forestières à Ulm, en 1888.

tout les conditions de station bonnes et moyennes qui sont bien représentées par 756 inventaires dans 410 places d'essai, dont 126 ont été inventoriées 3 à 4 fois.

La méthode Heyer présente un inconvénient majeur au point de vue pratique des aménagements : elle ne fournit des résultats qu'après une vingtaine d'années. La plupart des méthodes d'aménagement par volume, si répandues dans le monde forestier hors de France, exigent que l'on dispose immédiatement de tables s'appliquant à la forêt et donnant le volume des peuplements à tous les âges. De pareilles tables étant inséparables de la plupart des aménagements par volume, il faut donc un moyen d'établir immédiatement, en même temps qu'on fait l'aménagement, les lois de l'évolution du volume dans la forêt où l'on opère.

Méthode Hartig. — Lorsqu'on se trouve ainsi dans la nécessité de fournir d'urgence une table de production, on peut employer un procédé dû à Théodore et à M. Robert Hartig[1]. Voici en quoi il consiste.

Si nous voulons connaître quel a été, à l'âge de 80 ans par exemple, le volume d'un peuplement de 150 ans que nous avons sous les yeux, prenons dans ce peuplement un nombre suffisant de sujets types et faisons-en l'analyse. Nous connaîtrons ainsi quels ont été, à 80 ans, la hauteur, le diamètre moyen et le volume de nos arbres d'expérience.

Cherchons alors dans le voisinage, dans des conditions bien identiques, un peuplement de 80 années dont l'arbre moyen ait exactement la hauteur, le diamètre et le volume déterminés pour la moyenne de nos tiges d'expérience. Nous en conclurons que ce peuplement est bien identique, à l'âge près, à celui de 150 ans où nous avons pris nos arbres d'essai. Nous n'aurons qu'à déterminer

1. La remarque sur laquelle repose la méthode Hartig se trouve, dit-on, déjà plus ou moins nettement dans un travail de Huber, publié en 1824, sans que, du reste, Huber ait eu l'idée de l'appliquer à construire des tables de production. De Th. Hartig, voir *Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rotbuche,* 1847 ; de R. Hartig, *Vergleichende Untersuchungen über Rotbuche und Eichte im Spessart,* 1865, et *Die Rentabilität der Fichten..... Nutzholzwirthschaft....*, 1868, etc.

le nombre de ses tiges, sa surface terrière, son volume, pour connaître tous les éléments, à 80 ans, du peuplement de 150 ans que nous avons sous les yeux.

Ce procédé serait parfait si les tiges d'essai qui sont prises dans un peuplement de 150 ans pouvaient en effet nous faire connaître la hauteur, le diamètre, le volume moyen des tiges de 80 ans. En réalité, ces tiges représentent l'arbre moyen du peuplement de 150 ans qui était *vraisemblablement* un arbre d'élite du peuplement de 80 ans et non pas un arbre moyen. Malgré cela, le procédé Hartig, judicieusement employé, peut fournir, pour certaines essences[1] des résultats suffisamment exacts pour la pratique et même pour l'étude théorique; mais il a l'inconvénient d'exiger de très nombreuses analyses de tiges et d'entraîner ainsi un travail matériel énorme.

Une modification de la méthode Hartig a été proposée par M. Weise, aujourd'hui directeur de l'École forestière de Münden, et utilisée par lui pour ses tables de production du pin sylvestre (Berlin, 1880).

M. Weise réduit l'analyse de tiges à l'étude du développement de la hauteur. Il détermine dans un peuplement de pins sylvestres de 120 ans, quelle a été la hauteur *maxima* à tous les âges antérieurs au moyen de l'analyse de tiges du peuplement de 120 ans, car ces tiges du peuplement de 120 ans étaient, comme nous savons, des tiges d'élite aux âges antérieurs. Il recherche alors, dans les peuplements de divers âges, la relation entre la hauteur moyenne et celle des tiges d'élite de façon à pouvoir, des résultats de l'analyse de tiges, déduire le développement de la hauteur moyenne du peuplement. Pour étudier le développement du volume, il suffit de cuber un certain nombre de peuplements qui, dans la même région, ont même hauteur moyenne au même âge que celui considéré.

M. Schwappach a combiné cette méthode avec la méthode Heyer, pour

---

1. La méthode Hartig ne peut guère donner de bons résultats que pour des essences qui, comme le pin sylvestre, ne supportent pas du tout l'état dominé et dont toutes les tiges retardataires sont promptement et définitivement éliminées. M. Schuberg (*Die Weisstanne*, p. 85 et suivantes), et M. Schwappach (*Wachstum..... normaler Fichten-Bestände*, p. 44 et suivantes), l'ont trouvée inapplicable au sapin et à l'épicéa, parce que dans les peuplements âgés de ces essences on est exposé à trouver à l'état dominant ou même prédominant des arbres qui ont été retardataires une partie de leur existence, et dont le développement est, par suite, très anormal. — Cependant la méthode Hartig a été employée (antérieurement aux travaux de MM. Schwappach et Schuberg), par M. Lorey, dans son ouvrage sur le sapin *Ertragstafeln für die Weisstanne*, Francfort, 1884.

établir ses tables de production du pin sylvestre, publiées en 1889, et en a obtenu de bons résultats[1].

Méthode de M. von Baur. — Il nous reste à exposer une dernière méthode qui a été suivie par M. von Baur pour l'étude du hêtre et de l'épicéa. Cette méthode nous paraît la plus incertaine de toutes et elle n'a guère été employée, à notre connaissance, que par M. von Baur parmi les auteurs qui ont eu à publier les travaux des stations de recherches. Voici en quoi elle consiste essentiellement.

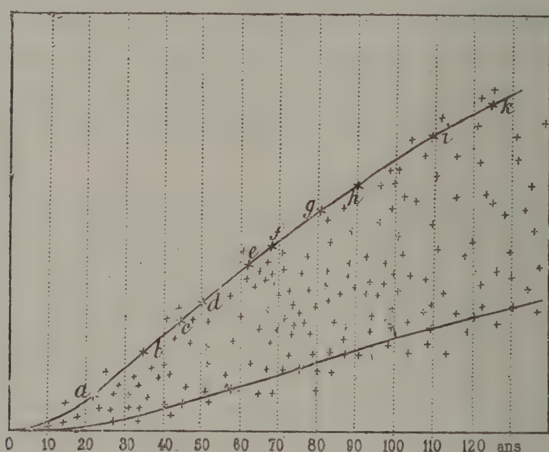


Fig. 84. — Construction des tables de production, méthode de M. v. Baur.

On inventorie un aussi grand nombre que possible de parcelles de l'essence à étudier en s'attachant à avoir tous les âges représentés, surtout dans les conditions de station extrêmes. On trace alors sur une feuille de papier deux axes de coordonnées, on porte en abscisses les âges et en ordonnées les différents volumes constatés pour ces âges. On fixe ainsi la position d'une foule de points qui se trouvent tous dans une zone qu'on cherche à délimiter par des lignes courbes régulières (voir fig. 84) qui donnent ainsi la loi du développement du volume dans les meilleures et les plus mauvaises conditions de sta-

---

1. Les tables de M. Weise, auxquelles nous ferons des emprunts, sont basées sur l'étude de 396 places d'essai. Celles de M. Schwappach reposent sur des cubages effectués dans 176 places d'essai, dont 98 ont été inventoriées deux fois à 5 ans d'intervalle et les 78 autres une fois seulement.

tion observées. Pour obtenir les courbes intermédiaires, celles qui correspondent à des conditions moyennes par exemple, on prend simplement la moyenne des volumes donnés par les courbes extrêmes[1]. On relève alors la suite des points *a b c... k* (fig. 84), qui se trouvent sur une même courbe, et les parcelles correspondantes, considérées comme se faisant suite, permettent d'étudier les variations des hauteurs, diamètres, nombre de tiges, etc.

Tables de production. — Les procédés que nous venons d'exposer suffisent à l'étude théorique des lois du développement des peuplements. Mais, comme nous l'avons déjà dit, les travaux entrepris depuis un siècle en Allemagne à propos de ces lois n'ont pas seulement un objectif scientifique; ils doivent être utilisés dans la pratique journalière des aménagements et, entre autres services, on leur demande les moyens de connaître, avec quelque exactitude, quel est, eu égard aux éléments fixes de production (sol et climat) et à l'âge d'exploitation adopté, le matériel ligneux normal d'une forêt donnée[2].

Dans ce but, on a essayé de déterminer exactement la marche de la croissance d'un certain nombre de types qui puissent servir de point de repère pour chaque essence. On a formé ainsi des *tables de production* pour les principales essences (pin sylvestre, épicéa, sapin et hêtre) des forêts allemandes et cette tâche a été confiée aux différentes stations de recherches forestières[3]. Les uns voudraient que ces tables fussent générales et applicables à toute l'Allemagne,

1. M. von Baur réclame pour lui la priorité de ce procédé (*Die Rotbuche*, p. 57, *Die Holzmesskunde*, 4e édition, p. 257), laquelle lui est assez vivement contestée par M. Borggreve (*Forst-Abschätzung*, Berlin, 1888, p. 93). Nous pouvons, à notre tour, faire une revendication en faveur du *Traité des bois*, de De Perthuis (p. 155 de l'édition de 1803, imprimée à Paris, chez Huzard), qui emploie, en le décrivant très clairement, le procédé objet du litige. Le manuscrit de De Perthuis a été écrit avant la Révolution, et probablement en 1788; des extraits (renfermant notamment le passage en question) ont été imprimés par l'auteur lui-même, en l'an VIII, et l'ouvrage complet a été publié, après la mort de De Perthuis, par son fils, en l'an XI (1803). — Les premiers ouvrages de G. L. Hartig sur l'aménagement datent de 1795.

2. Diverses méthodes d'aménagement employées en Allemagne, en Autriche et en Suisse, exigent la connaissance de ce matériel normal.

3. En dehors des tables publiées par les stations de recherches, il en existe en Allemagne un grand nombre d'autres, générales ou locales. Nous en citerons quelques-unes à la fin de ce paragraphe.

d'autres construisent des tables locales, et c'est cette dernière façon d'opérer qui paraît prévaloir en ce moment. On est convenu de retracer, dans chaque table, le développement de 5 classes de peuplements normaux[1], croissant dans 5 classes de station correspondantes : dans des conditions très bonnes (1re *Bonität,* 1re *Standortsklasse*), bonnes (2e classe), moyennes (3e classe), médiocres (4e classe) et mauvaises (5e classe). Après de longues divergences sur la façon de définir ces différentes classes de peuplement, les stations de recherches allemandes réunies en congrès à Ulm, en 1888, ont fini par sanctionner un procédé déjà employé autrefois par Cotta : la classe d'un peuplement est caractérisée par son volume à l'âge de 100 ans. Un peuplement normal de pins sylvestres, pour être de 1re classe, doit avoir, à 100 ans, un volume de 700 mètres cubes ou plus ; s'il en a 550, il sera de 2e classe, 420 de 3e classe, etc.

Pour pouvoir employer ces tables soit à connaître la production normale d'une forêt que nous avons à aménager, soit à déterminer le volume futur d'un peuplement que nous avons sous les yeux, il faut que nous puissions établir à quelle classe de station nous avons affaire et c'est ici que les difficultés se présentent. *En effet, l'état actuel des peuplements peut nous tromper sur la valeur de la station. Ces peuplements peuvent avoir été victimes d'accidents ou, inversement, peuvent avoir bénéficié d'opérations qui ont favorisé leur végétation*[2]. Où trouverons-nous un criterium des conditions de station qui nous permette d'employer avec sécurité les tables de production de peuplements types ?

M. von Baur et un certain nombre d'autres auteurs prétendent le trouver dans la longueur des pousses annuelles. Nous avons déjà revendiqué pour de Perthuis la priorité d'un procédé de classement des stations en sept classes, caractérisées par la longueur des pousses annuelles des arbres qui y croissent. C'est ainsi que sa 1re classe comprenait tous les points où, à 20 ans, la longueur de la pousse annuelle est déjà nulle. Sa 4e classe, par exemple, produisait des arbres qui, à 20 ans, s'allongent

1. Nous avons déjà défini les peuplements normaux : ce sont ceux qui se sont développés sans que ni l'homme, ni les animaux, ni les météores n'aient modifié l'évolution naturelle de leurs éléments.

2. Ce point faible de tout le système a été signalé bien des fois, en Allemagne même, et tout dernièrement encore, dans un ouvrage curieux, quoiqu'il y ait des réserves à faire sur certains de ses jugements, publié par M. le Dr Borggreve, alors directeur de l'école forestière de Münden, en Prusse (*Die Forst-Abschätzung,* Berlin, 1889).

de 4 à 8 pouces par an, de 2 à 4 pouces à 25 ans, de 1 à 2 pouces à 30 ans, etc., etc.

Il est pourtant certain qu'il n'est pas toujours possible, surtout dans le cas des essences supportant un couvert prolongé, de juger une station uniquement d'après la longueur des pousses annuelles[1].

D'autres ont proposé de se baser sur l'étude directe du sol et du climat (éléments de la station) qu'on comparerait au sol et au climat qui ont produit les peuplements types des tables. Il est inutile de faire remarquer que l'état actuel de nos connaissances rend un pareil procédé illusoire.

D'autres encore ont voulu se servir de l'accroissement du diamètre, ce qui ne serait pas plus exact que d'employer les accroissements de la hauteur, et serait moins pratique parce que la hauteur a des variations annuelles 80 ou 100 fois plus fortes que le diamètre.

La surface terrière fournit un meilleur criterium qui pourrait peut-être rendre des services, quoique ses variations soient assez faibles.

Enfin le volume des peuplements est considéré par la plupart des auteurs comme le meilleur indice pour classer les stations, car il est une résultante de tous les éléments caractérisant les peuplements (hauteur, nombre de tiges, diamètre moyen, coefficients de forme).

La question reste pendante. En attendant qu'elle soit résolue, on s'est décidé à joindre aux tables qui présentent le développement du volume des peuplements types l'indication de la hauteur et du diamètre moyens, du nombre de tiges et de la surface terrière, afin de permettre au praticien l'emploi de l'un ou l'autre de ces points de comparaison ou même de tous à la fois.

On trouvera ci-après quelques exemples de tables de production.

---

1. M. le Dr B. Borggreve, comparait, en 1888 (*Forst-Abschätzung*, p. 90 et 91), la méthode de M. von Baur à celle d'un statisticien fantaisiste qui aurait imaginé le procédé suivant pour déterminer *à priori* le poids total d'un quelconque des habitants de Munich, rien qu'en pesant les breloques de sa montre (sans doute sous prétexte que les breloques varient en raison directe de la richesse et l'obésité aussi, d'après M. Borggreve). Pour obtenir ce résultat, il aurait déterminé successivement le poids total et celui des breloques d'un certain nombre de ses concitoyens pris au hasard ; puis, formant cinq classes de poids de breloques, il aurait calculé pour chacune de ces classes le poids total moyen correspondant, de façon à pouvoir dire au premier venu : Vos breloques vous rangent dans la 4e classe dont le poids total est de..... Qu'on nous permette de rappeler ici encore une fois que notre rôle se limite à exposer l'état des connaissances d'après nos voisins, sans avoir à juger ni prendre parti. Nous reproduisons une critique, dont le goût paraîtra douteux, surtout à ceux qui connaissent l'Allemagne et les Allemands, parce qu'elle émane d'un homme considérable par sa science et sa situation officielle et aussi parce que, sa forme mise à part, on peut trouver qu'elle ne manque pas d'un certain bon sens.

Tables de production du sapin pour la Forêt-Noire

D'après les travaux de la station de recherches badoise, publiés par M. Schuberg.

Conditions de station très bonnes.

AGES.	VOLUME.	PEUPLEMENTS PEU SERRÉS.				PEUPLEMENTS TRÈS SERRÉS.			
		Nombre de tiges.	Surface terrière.	Diamètre moyen.	Hauteur moyenne.	Nombre de tiges.	Surface terrière.	Diamètre moyen.	Hauteur moyenne.
ans.	mèt. cub.		mèt. carr.	centimèt.	mètres.		mèt. carr.	centimèt.	mètres.
5	3	»	»	»	0.7	»	»	»	0.5
10	13	»	»	»	2.0	»	»	»	1.4
15	34	»	»	3.6	4.0	»	»	1.5	2.8
20	70	7,067	20.0	6.0	6.4	29,375	23.5	3.2	4.6
25	140	4,640	26.3	8.5	9.0	15,090	30.7	5.1	6.5
30	252	3,400	33.5	11.2	11.3	9,875	38.0	7.0	8.5
35	364	2,600	40.0	14.0	13.5	6,770	44.0	9.1	10.5
40	463	2,017	44.7	16.8	15.6	4,885	49.0	11.3	12.4
45	543	1,607	48.0	19.5	17.6	3,610	53.2	13.7	14.1
50	611	1,3[illegible]6	50.5	22.1	19.6	2,790	56.8	16.1	15.8
55	673	1,111	52.8	24.6	21.4	2,259	59.4	18.3	17.4
60	728	962	54.7	26.9	23.0	1,897	62.0	20.4	18.9
65	780	844	56.5	29.2	24.5	1,615	64.2	22.5	20.3
70	828	719	58.0	31.4	25.8	1,490	66.0	24.5	21.7
75	872	677	59.3	33.4	27.1	1,233	67.5	26.4	23.0
80	914	613	60.3	35.4	28.4	1,092	68.7	28.3	24.2
85	953	557	61.2	37.4	29.6	978	69.6	30.1	25.3
90	989	511	62.0	39.3	30.7	878	70.2	31.9	26.4
95	1,023	470	62.6	41.2	31.8	798	70.8	33.6	27.5
100	1,056	438	63.2	42.9	32.8	736	71.2	35.2	28.5
105	1,086	409	63.6	44.5	33.8	677	71.6	36.7	29.4
110	1,114	383	63.9	46.1	34.8	629	72.1	38.2	30.3
115	1,141	361	64.3	47.6	35.7	590	72.6	39.6	31.2
120	1,167	344	64.8	49.0	36.6	560	73.2	40.8	32.1
125	1,192	328	65.3	50.3	37.4	533	73.8	42.0	32.9
130	1,216	3[illegible]5	65.8	51.6	38.2	509	74.6	43.2	33.6
135	1,240	303	66.3	52.8	38.9	491	75.7	44.2	34.2
140	1,262	296	67.1	53.8	39.5	476	77.0	45.2	34.8
145	1,284	287	68.0	54.9	40.1	468	78.5	46.2	35.3
150	1,305	»	»	55.7	40.6	»	»	47.1	35.8

Tables de production du sapin pour la Forêt-Noire

D'après les travaux de la station de recherches badoise, publiés par M. Schuberg

Conditions de station moyennes.

AGES.	VOLUME.	PEUPLEMENTS PEU SERRÉS				PEUPLEMENTS TRÈS SERRÉS.			
		Nombre de tiges.	Surface terrière.	Diamètre moyen.	Hauteur moyenne.	Nombre de tiges.	Surface terrière.	Diamètre moyen.	Hauteur moyenne.
ans.	mèt. cub.		mèt. carr.	centimèt.	mètres.		mèt. carr.	centimèt.	mètres.
5	1	»	»	»	0.4	»	»	»	»
10	7	»	»	»	1.1	»	»	»	0.4
15	18	»	»	»	2.0	»	»	»	1.2
20	36	»	»	3.0	3.5	»	»	»	2.3
25	65	8,342	15.1	4.8	5.2	»	»	3.2	3.5
30	107	5,672	20.0	6.7	6.9	17,268	28.7	4.6	4.8
35	162	4,222	25.1	8.7	8.6	11,428	34.5	6.2	6.2
40	230	3,297	30.2	10.8	10.3	8,204	39.2	7.8	7.6
45	292	2,562	34.0	13.0	12.0	6,010	42.6	9.5	9.1
50	348	2,083	37.3	15.1	13.7	4,598	45.3	11.2	10.5
55	399	1,820	39.9	17.1	15.2	3,649	47.7	12.9	11.9
60	447	1,476	42.3	19.1	16.6	2,963	49.6	14.6	13.2
65	492	1,270	44.0	21.0	18.0	2,444	51.0	16.3	14.5
70	533	1,110	45.3	22.9	19.3	2,055	52.3	18.0	15.8
75	572	965	46.6	24.8	20.6	1,767	53.3	19.6	17.0
80	608	857	47.6	26.6	21.8	1,530	54.0	21.2	18.1
85	641	771	48.5	28.3	22.9	1,349	54.6	22.7	19.2
90	673	695	49.1	30.0	24.0	1,210	55.2	24.1	20.3
95	703	634	49.7	31.6	25.1	1,092	55.8	25.5	21.3
100	730	580	50.2	33.2	26.1	992	56.4	26.9	22.2
105	756	535	56.6	34.7	27.1	909	56.8	28.2	23.1
110	781	498	51.0	36.1	28.0	848	57.2	29.3	23.9
115	803	465	51.3	37.5	28.9	791	57.4	30.4	24.6
120	825	437	51.6	38.8	29.7	739	57.6	31.5	25.3
125	845	412	51.8	40.0	30.4	698	57.9	32.5	26.0
130	863	392	52.0	41.1	31.1	660	58.2	33.5	26.6
135	880	376	52.3	42.1	31.7	631	58.6	34.4	27.1
140	896	361	52.8	43.0	32.3	608	59.2	35.2	27.6
145	911	»	»	43.8	32.8	»	»	35.9	28.1
150	925	»	»	44.5	33.3	»	»	36.5	28.4

Tables de production du sapin pour la Forêt-Noire

D'après les travaux de la station de recherches badoise, publiés par M. Schuberg.

Conditions de station mauvaises.

AGES.	VOLUME.	PEUPLEMENTS PEU SERRÉS.				PEUPLEMENTS TRÈS SERRÉS.			
		Nombre de tiges.	Surface terrière.	Diamètre moyen.	Hauteur moyenne.	Nombre de tiges.	Surface terrière.	Diamètre moyen.	Hauteur moyenne.
ans.	mèt. cub.		mèt. carr.	centimèt.	mètres.		mèt. carr.	centimèt.	mètres.
5	0	»	»	»	»	»	»	»	»
10	2	»	»	»	0.3	»	»	»	»
15	6	»	»	»	0.8	»	»	»	0.2
20	13	»	»	»	1.5	»	»	»	0.5
25	21	16,140	7.3	2.4	2.3	»	»	»	1.25
30	40	9,900	10.4	3.7	3.2	»	»	»	2.0
35	60	6,210	13.7	5.3	4.3	27,160	19.2	3.0	2.7
40	86	4,821	17.0	6.7	5.4	17,940	23.7	4.1	3.6
45	116	3,863	20.4	8.2	6.6	12,950	27.5	5.2	4.5
50	149	3,207	23.7	9.7	7.8	9,945	31.0	6.3	5.3
55	185	2,672	26.8	11.3	9.0	7,696	34.0	7.5	6.3
60	220	2,250	29.4	12.9	10.3	6,106	36.3	8.7	7.2
65	255	1,896	31.3	14.5	11.5	4,946	38.0	9.9	8.2
70	288	1,621	33.0	16.1	12.6	4,082	39.5	11.1	9.2
75	321	1,411	34.3	17.6	13.7	3,451	41.0	12.3	10.2
80	351	1,256	35.6	19.0	14.8	2,992	42.2	13.4	11.2
85	379	1,126	36.8	20.4	15.8	2,611	43.1	14.5	12.2
90	406	1,014	37.5	21.7	16.8	2,297	43.9	15.6	13.2
95	430	919	38.2	23.0	17.8	2,032	44.5	16.7	14.1
100	453	834	38.7	24.3	18.7	1,825	44.9	17.7	14.9
105	475	765	39.1	25.5	19.6	1,646	45.2	18.7	15.6
110	495	709	39.4	26.5	20.4	1,493	45.5	19.7	16.3
115	513	657	39.6	27.7	21.2	1,375	45.8	20.6	17.0
120	530	615	39.8	28.7	22.0	1,270	46.1	21.5	17.6
125	545	577	40.0	29.7	22.7	1,190	46.5	22.3	18.1
130	559	548	40.3	30.6	23.4	1,126	46.8	23.0	18.6
135	571	526	40.7	31.4	24.0	1,077	47.1	23.6	19.1
140	581	507	41.0	32.1	24.5	1,033	47.5	24.2	19.5
145	590	»	»	32.7	24.9	»	»	24.8	19.9
150	598	»	»	33.2	25.2	»	»	25.3	20.2

Tables de production pour l'épicéa dans l'Allemagne du Nord

D'après les travaux des stations de recherches allemandes, publiés par M. Schwappach.

AGES.	VOLUMES dans des CONDITIONS DE STATION			NOMBRE DE TIGES dans des CONDITIONS DE STATION			SURFACE TERRIÈRE dans des CONDITIONS DE STATION			DIAMÈTRE MOYEN dans des CONDITIONS DE STATION			HAUTEUR MOYENNE dans des CONDITIONS DE STATION		
	très bonnes.	moyennes.	mau-vaises.	très bonnes.	moyennes.	mau-vaises.	très bonnes.	moyennes.	mau-vaises.	très bonnes.	moyennes.	mau-vaises.	très bonnes.	moyennes.	mau-vaises.
	mèt. cub.	mèt. cub.	mèt. cub.				mèt. carr.	mèt. carr.	mèt. carr.	centimèt.	centimèt.	centimèt.	mètres.	mètres.	mètres.
10 ans	66	37	17	»	»	»	8.6	»	»	»	»	»	2.3	1.1	0.4
15 —	115	65	29	»	»	»	15.0	10.0	»	»	»	»	4.1	2.0	0.8
20 —	175	100	43	7,350	»	»	22.3	14.2	8.8	6.6	»	»	6.1	3.1	1.3
25 —	250	140	59	5,700	»	»	31.7	19.0	11.2	8.4	»	»	8.3	4.4	1.9
30 —	335	183	77	4,450	8,250	»	39.0	24.1	14.0	10.6	6.1	»	10.7	5.9	2.7
35 —	427	228	97	3,500	6,250	»	43.9	28.9	17.0	12.6	7.7	»	13.3	7.5	3.6
40 —	514	273	118	2,800	4,810	9,800	47.6	32.5	20.0	14.7	9.3	5.1	15.7	9.2	4.6
45 —	591	319	141	2,220	3,780	7,020	50.3	35.3	22.6	17.0	10.9	6.4	17.9	11.0	5.6
50 —	660	365	165	1,790	3,040	5,320	52.5	37.6	24.8	19.3	12.5	7.7	19.9	12.8	6.7
55 —	722	409	191	1,480	2,500	4,180	54.4	39.5	26.6	21.7	14.2	9.0	21.7	14.4	7.8
60 —	778	452	217	1,250	2,100	3,390	56.0	41.4	28.2	23.9	15.8	10.3	23.3	15.9	9.0
65 —	829	493	244	1,080	1,800	2,850	57.3	42.5	29.6	26.0	17.3	11.5	24.7	17.3	10.2
70 —	876	533	271	950	1,570	2,470	58.4	43.8	30.8	28.0	18.8	12.6	26.0	18.6	11.3
75 —	919	570	297	850	1,390	2,200	59.4	45.1	31.9	29.8	20.3	13.6	27.2	19.7	12.3
80 —	959	604	322	770	1,250	2,000	60.4	46.3	33.0	31.6	21.7	14.5	28.3	20.7	13.2
85 —	997	636	345	700	1,140	1,850	61.4	47.5	34.0	33.4	23.0	15.3	29.3	21.6	13.9
90 —	1,033	666	366	640	1,060	1,740	62.3	48.5	34.9	35.2	24.1	16.0	30.2	22.4	14.5
95 —	1,067	694	384	590	1,000	1,660	63.2	49.5	35.7	36.9	25.1	16.5	31.0	23.2	15.0
100 —	1,100	720	400	550	950	1,600	64.0	50.4	36.4	38.5	26.0	17.0	31.8	23.9	15.5
105 —	1,131	745	»	520	905	»	64.8	51.2	»	39.8	26.8	»	32.5	24.5	»
110 —	1,161	768	»	500	865	»	65.5	51.9	»	40.8	27.6	»	33.1	25.0	»
115 —	1,189	790	»	485	830	»	66.2	52.6	»	41.7	28.4	»	33.6	25.4	»
120 —	1,215	811	»	473	800	»	66.8	53.2	»	42.5	29.1	»	34.1	25.8	»

Tables de production pour le pin sylvestre dans les plaines basses de l'Allemagne du Nord

D'après les travaux des stations de recherches allemandes, publiés par M. Schwappach.

AGES.	VOLUMES dans des CONDITIONS DE STATION			NOMBRE DE TIGES dans des CONDITIONS DE STATION			SURFACE TERRIÈRE dans des CONDITIONS DE STATION			DIAMÈTRE MOYEN dans des CONDITIONS DE STATION			HAUTEUR MOYENNE dans des CONDITIONS DE STATION		
	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.
	mèt. cub.	mèt. cub.	mèt. cub.				mèt. carr.	mèt. carr.	mèt. carr.	centimèt.	centimèt.	centimèt.	mètres.	mètres.	mètres.
10 ans	70	38	14	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3.7	1.7	0.7
15 —	112	64	24	»	»	»	17.4	»	»	»	»	»	6.4	3.4	1.3
20 —	154	93	35	4,240	6,500	»	24.8	14.1	»	8.6	5.6	»	8.9	5.3	2.0
25 —	197	127	45	3,365	5,380	»	29.4	19.4	8.3	10.5	6.9	»	11.2	7.4	3.3
30 —	241	158	57	2,690	4,460	8,000	32.8	23.4	13.4	12.5	8.2	4.9	13.3	9.2	4.5
35 —	282	186	71	2,155	3,700	6,730	35.4	26.4	16.6	14.5	9.5	5.6	15.2	10.7	5.5
40 —	320	211	88	1,740	3,070	5,640	37.5	28.6	18.8	16.6	10.9	6.5	16.9	12.0	6.4
45 —	355	234	103	1,415	2,550	4,690	39.2	30.2	20.4	18.8	12.3	7.4	18.4	13.1	7.2
50 —	387	255	117	,160	2,120	3,970	40.6	31.4	21.6	21.1	13.8	8.3	19.8	14.1	7.9
55 —	417	274	130	965	1,770	3,370	41.8	32.4	22.5	23.5	15.3	9.2	21.1	15.0	8.6
60 —	445	292	142	820	1,490	2,880	42.8	33.2	23.2	25.8	16.8	10.1	22.3	15.9	9.2
65 —	471	309	153	715	1,270	2,420	43.6	33.9	23.7	27.9	18.4	11.1	23.4	16.7	9.8
70 —	495	325	163	640	1,100	2,070	44.3	34.5	24.1	29.7	20.0	12.1	24.4	17.5	10.4
75 —	517	340	172	585	970	1,800	44.9	35.1	24.4	31.3	21.4	13.0	25.3	18.3	11.0
80 —	537	354	180	545	870	1,600	45.5	35.6	24.6	32.6	22.8	13.9	26.2	19.1	11.6
85 —	555	367	186	515	790	1,440	46.0	36.1	24.8	33.7	24.1	14.8	27.0	19.8	12.1
90 —	571	379	191	490	730	1,300	46.5	36.5	24.9	34.8	25.2	15.6	27.8	20.5	12.6
95 —	586	390	196	468	680	1,180	47.0	36.9	25.0	35.8	26.3	16.4	28.5	21.2	13.1
100	600	400	200	448	638	1,070	47.5	37.2	25.1	36.7	27.3	17.2	29.2	21.9	13.5
105 —	613	409	»	430	602	»	47.9	37.5	»	37.6	28.2	»	29.8	22.5	»
110 —	625	417	»	414	570	»	48.3	37.7	»	38.5	29.1	»	30.4	23.1	»
115 —	637	424	»	399	540	»	48.7	37.9	»	39.4	29.9	»	30.9	23.6	»
120 —	648	431	»	385	512	»	49.1	38.0	»	40.3	30.7	»	31.4	24.1	»
125 —	659	»	»	372	»	»	49.5	»	»	41.2	»	»	31.8	»	»
130 —	670	»	»	360	»	»	49.8	»	»	42.0	»	»	32.2	»	»
135 —	680	»	»	349	»	»	50.1	»	»	42.8	»	»	32.5	»	»
140 —	690	»	»	339	»	»	50.4	»	»	43.5	»	»	32.7	»	»

§ 4. — Nombre de tiges à l'hectare.

De tous les éléments d'un peuplement le nombre des tiges est le plus sujet à des variations accidentelles. En effet, qu'un peuplement

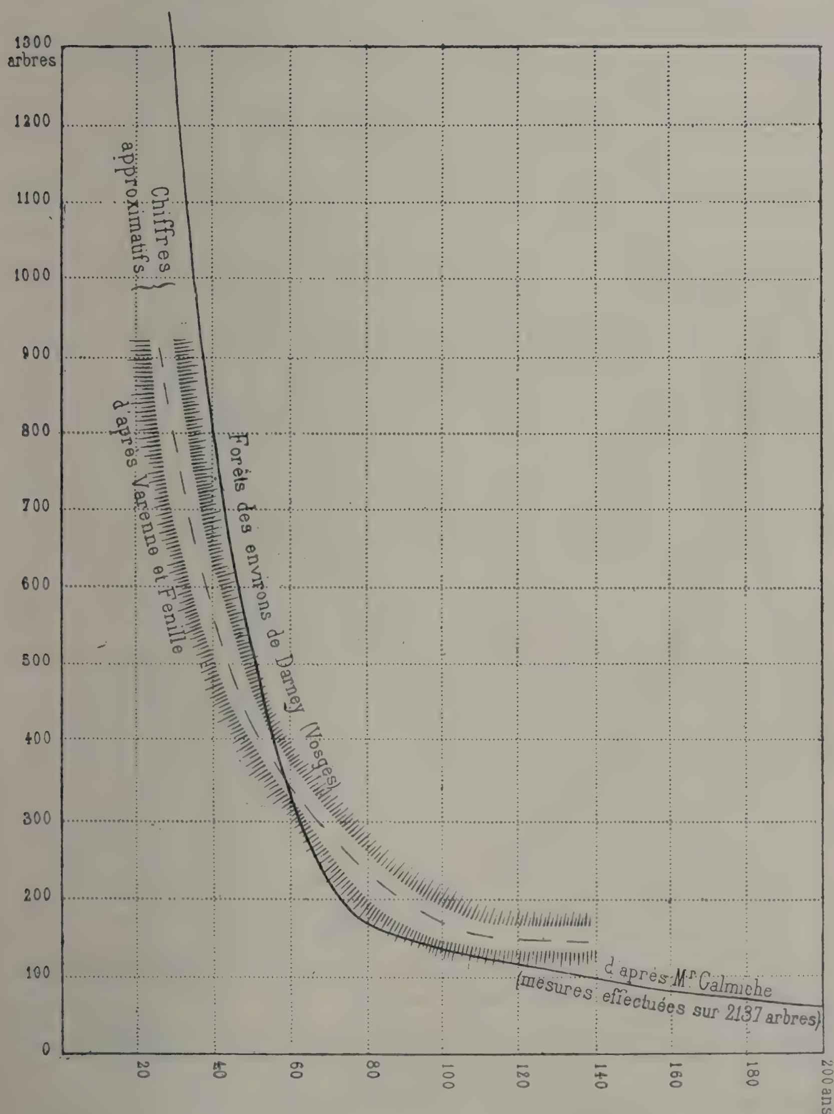


Fig. 85. — Nombre de chênes de différents âges pouvant croître à l'état entièrement libre sur un hectare.

vienne à être interrompu par des chablis, les arbres restés sur pied développent leurs cimes, referment le massif, le volume et la surface

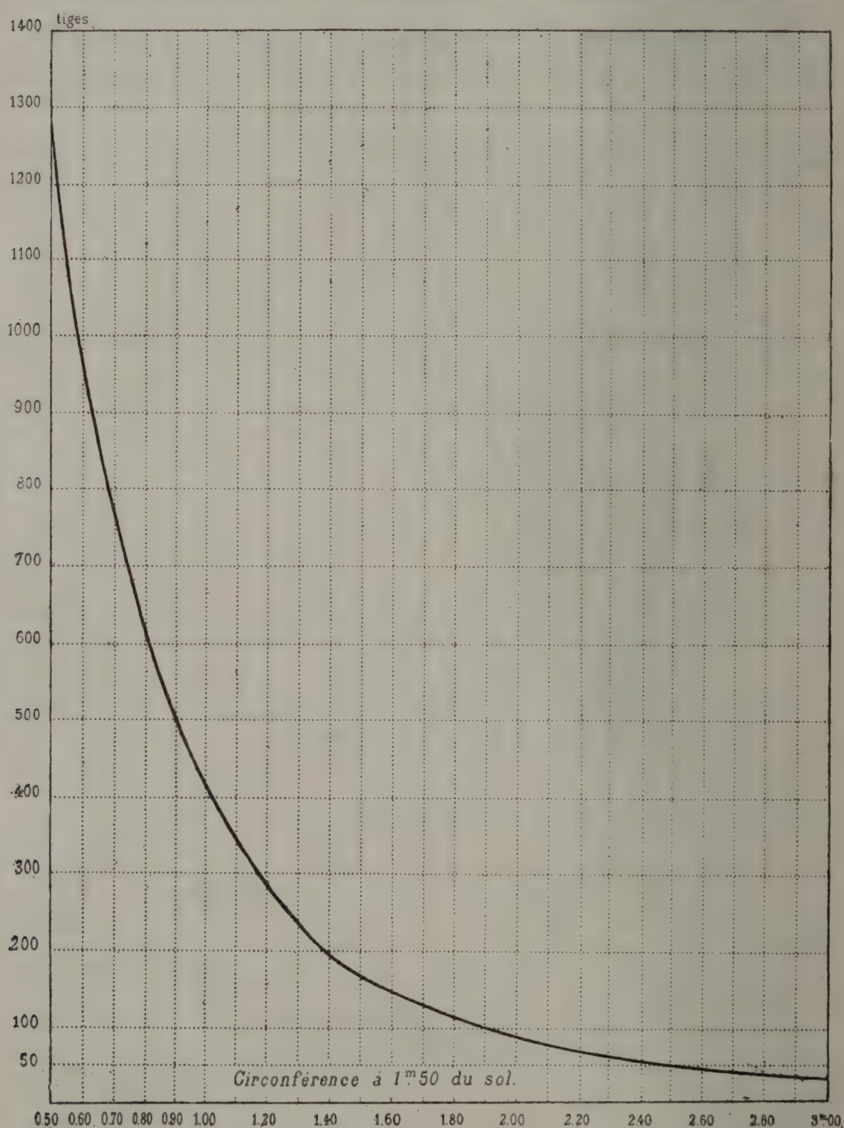


Fig. 85 *bis*. — Nombre d'arbres à l'hectare dans un peuplement complet et régulier de chêne-liège (*Quercus suber*, L.), dans les forêts de l'Esterel (Var), d'après M. Muterse.

terrière ne sont que peu ou pas diminués, tandis que le nombre de tiges a pu être réduit du tiers ou davantage.

Ce n'est guère qu'à partir de l'état de perchis bien constitué plus tôt pour les essences comme le pin sylvestre, qui supportent

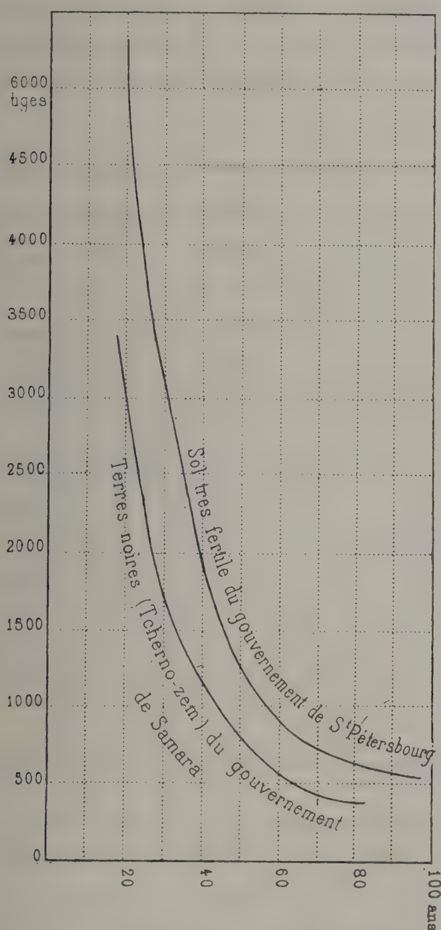


Fig. 86. — Décroissance du nombre de tiges à l'hectare dans un peuplement de bouleau, en Russie (d'après M. Wargas de Vedemar).

mal l'état serré, que pour le sapin, le hêtre ou l'épicéa, qu'on peut constater quelque uniformité dans le nombre de tiges des peuplements. A l'état de gaulis, ce nombre est énorme et diminue avec une rapidité extrême, à raison de plusieurs milliers d'in-

dividus par an dans des peuplements très denses. Cette diminution devient, par suite, de plus en plus ralentie sans cesser jamais tout à fait tant que les arbres continuent à se développer.

Les chiffres ci-dessous, auxquels on pourra comparer ceux des tables de production du sapin, de l'épicéa et du pin sylvestre reproduits pages 92 à 96, donneront une idée du nombre de tiges

Nombre de tiges à l'hectare à différents âges.

FORÊT DE BELLÊME (Orne). *Procès-verbal d'aménagement* par M. Dagoury (1858). Futaie chêne et hêtre.		FORÊTS DU SPESSART (Bavière). D'après M. R. Hartig. Hêtre.		FORÊTS DU GOUVERNEMENT DE SAMARA (Russie). D'après M. Wargas de Vedemar. Tremble.	
				Conditions très bonnes.	Conditions moyennes.
ans.	tiges.	ans.	tiges.	tiges.	tiges.
20 . . .	envir. 20,000	10	250,000	»	»
30 à 50 . .	3,000 à 4,000	20	15,000	3,060	4,520
50 à 75 . .	1,200 à 1,500	30	8,500	1,955	3,010
75 à 100 . .	700	40	5,000	1,290	2,110
100 à 125 . .	500	50	2,500	960	1,475
125 à 150 . .	320	60	1,700	750	1,090
150 à 175 . .	240	70	1,400	655	875
175 à 200 . .	200	80	1,160	612	765
(Peuplements éclaircis, moyenne de 34 parcelles.)		90	960	»	»
		100	800	»	»
		110	690	»	»
		120	610	»	»
		130	550	»	»
		140	515	»	»

qu'on trouve dans des peuplements de diverses essences croissant dans différentes conditions de végétation. Il est bien entendu qu'il s'agit (sauf pour la forêt de Bellême) de peuplements abandonnés à eux-mêmes sans que l'homme intervienne pour modifier suivant ses vues le nombre des tiges du peuplement principal.

Si l'on voulait représenter par un tracé graphique la marche de la décroissance du nombre des tiges, on obtiendrait des courbes de la forme indiquée par les figures 85 à 87. On y voit que la décroissance est plus rapide sur les bons sols[1], ce qui résulte naturellement

1. Voir Varenne de Fenille, 3e mémoire, 1791, p. 75 de l'édition Marchant.

de ce que, pour un même âge, les arbres y sont plus développés; il y a donc d'autant moins d'arbres à l'hectare, à un âge donné, que

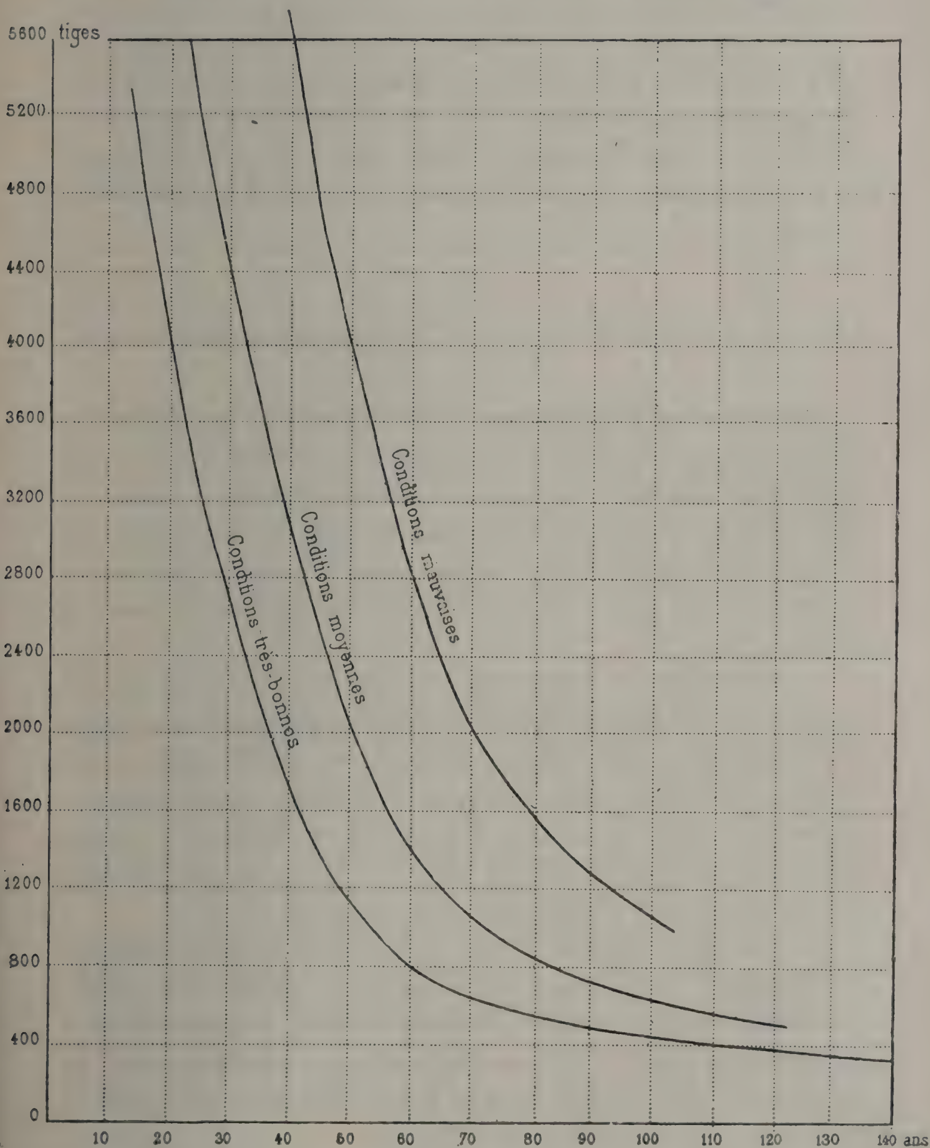


Fig. 87. — Décroissance du nombre de tiges à l'hectare.
Pin sylvestre, plaine basse du nord de l'Allemagne (d'après M. Schwappach).

les conditions de végétation sont meilleures. La différence à cet

égard, entre les différentes stations, diminue du reste avec l'âge, parce que la décroissance persiste plus longtemps dans les mauvais sols que dans les bons.

On a aussi observé que le nombre de tiges à l'hectare augmente avec l'altitude dans les forêts de montagne. Ce fait, signalé par M. Schuberg dans la Forêt-Noire[1], confirmé par les travaux de la station de recherches suisse, tient sans doute à ce qu'avec l'altitude la pente augmente et les conditions de végétation deviennent moins bonnes.

§ 5. — Hauteur et diamètre moyen des peuplements.

Développement de la hauteur. — Nous avons dit que la hauteur moyenne d'un peuplement n'évolue pas exactement comme celle d'un arbre considéré individuellement. En effet, deux causes s'ajoutent pour provoquer l'accroissement de la hauteur moyenne : d'abord l'allongement de tous les arbres et ensuite l'élimination continuelle des sujets les moins hauts, ce qui tend à élever la moyenne.

M. Schwappach a montré que la différence entre la hauteur moyenne du peuplement et celle de sa classe d'arbres la plus élevée était assez faible d'abord chez le pin sylvestre ; qu'elle allait en augmentant jusque vers l'âge moyen, pour diminuer lorsque l'accroissement en hauteur devient très lent ; aux âges avancés il n'y a plus guère de différence de hauteur entre les arbres les plus élevés et l'arbre moyen d'un peuplement[2] (voir fig. n° 88).

On voit qu'en somme les lois qui régissent le développement de la hauteur sont analogues chez les arbres et les peuplements. Les accroissements annuels, d'abord faibles, augmentent assez rapidement, restent quelque temps presque constants, puis décroissent et finissent par devenir à peu près nuls. Le maximum

1. Dans le recueil de M. Ganghofer, *Das forstliche Versuchswesen*, 1er volume, 1881, p. 498, 499 et 505.

2. *Wachsthum und Ertrag normaler Kiefern-Bestände*, p. 19.

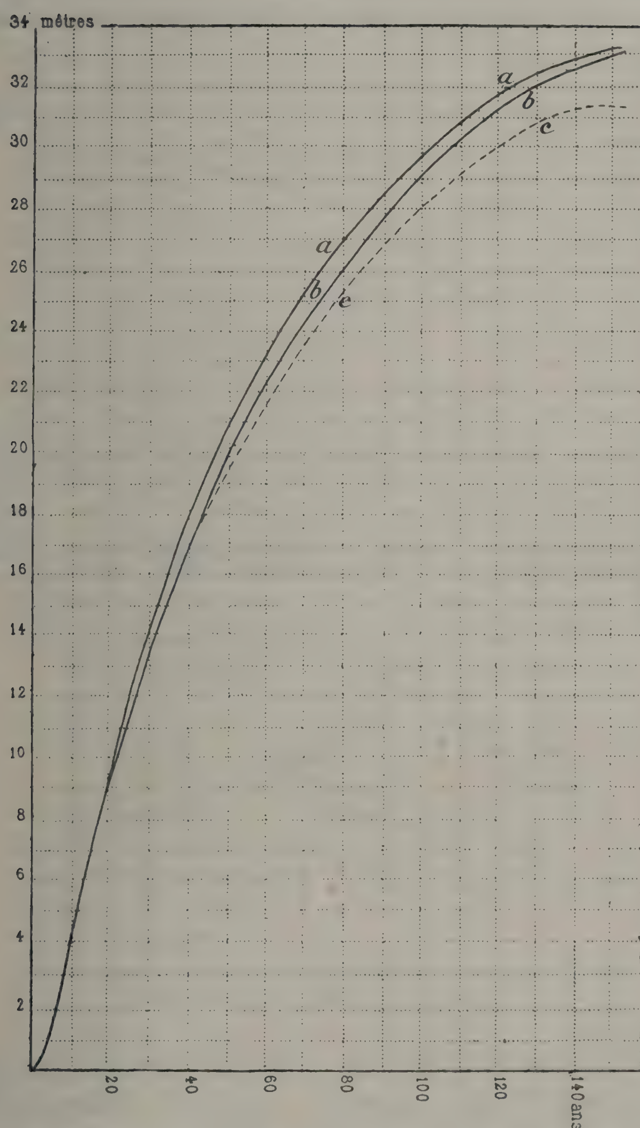


Fig. 83. — Croissance en hauteur comparée des peuplements et des arbres.
Pin sylvestre (Allemagne du Nord).

a) Développement de la hauteur d'un arbre prédominant dans le peuplement (d'après M. Schwappach).

b) Développement de la hauteur du peuplement (d'après M. Schwappach).

c) Développement de la hauteur d'un arbre qui serait, dans le peuplement, un arbre moyen à 40 ans (courbe tracée d'après M. R. Hartig).

se produit d'autant plus tôt que les accroissements sont plus forts et augmentent plus vite. Les figures 89 et 90 en donneront une idée nette.

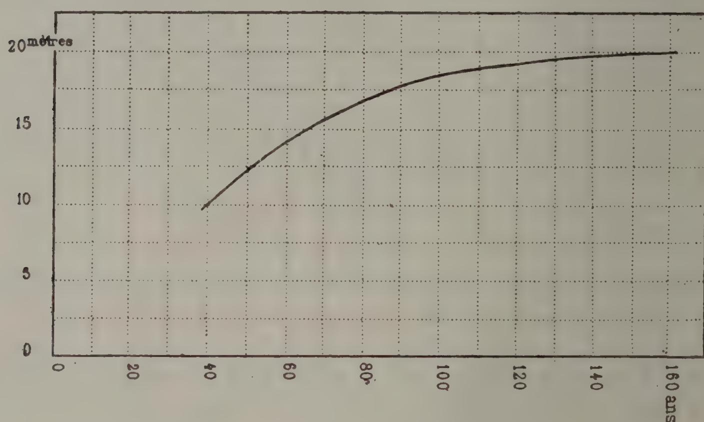


Fig. 89. — Développement de la hauteur moyenne dans des peuplements de pin sylvestre du nord de la Finlande, entre 61° et 68° de latitude nord (chiffres officiels, d'après M. Blomqvist).

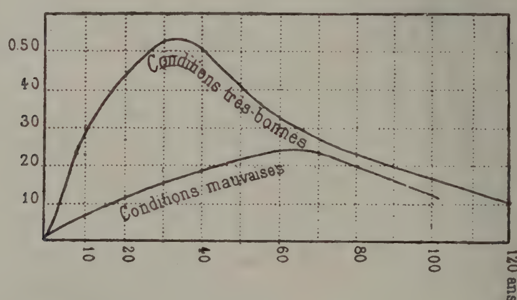


Fig. 90. — Accroissements annuels de la hauteur de peuplements d'épicéa dans l'Allemagne du Sud (d'après M. Schwappach).

Développement du diamètre. — Dans les peuplements les plus réguliers en apparence, on observe toujours des différences de diamètre considérables entre les différents sujets. Ces différences vont en augmentant avec l'âge ; elles sont plus grandes dans les peuplements renfermant peu de tiges que dans ceux qui sont très serrés, ainsi qu'on peut le voir par un coup d'œil sur la figure 91.

A part cette remarque, ce que nous avons dit du développement

de la hauteur moyenne pourrait se répéter à propos du diamètre moyen. Les tables du § 3 montrent l'évolution du diamètre moyen

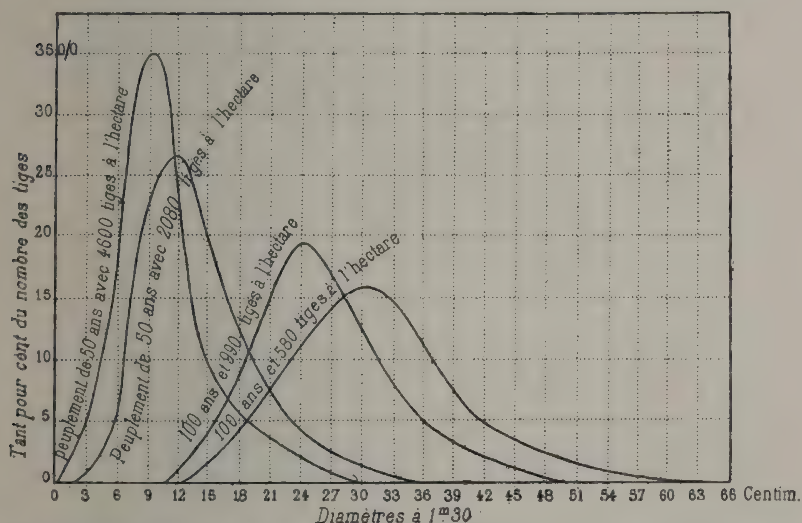


Fig. 91. — **Répartition des tiges entre les différentes catégories de diamètres dans des peuplements de sapin non éclaircis de 50 et de 100 ans, dans des conditions moyennes (d'après M. Schuberg).**

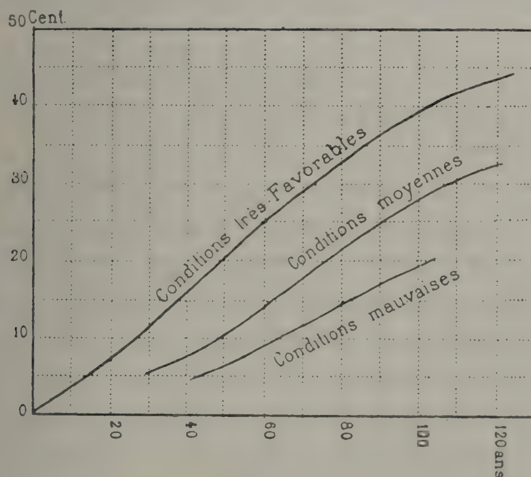


Fig. 92. — **Développement du diamètre moyen de peuplements d'épicéa dans l'Allemagne du Sud (d'après M. Schwappach).**

dans des peuplements de sapin, d'épicéa et de pin sylvestre dans diverses conditions. Les figures 92 et 93 le reproduisent graphiquement.

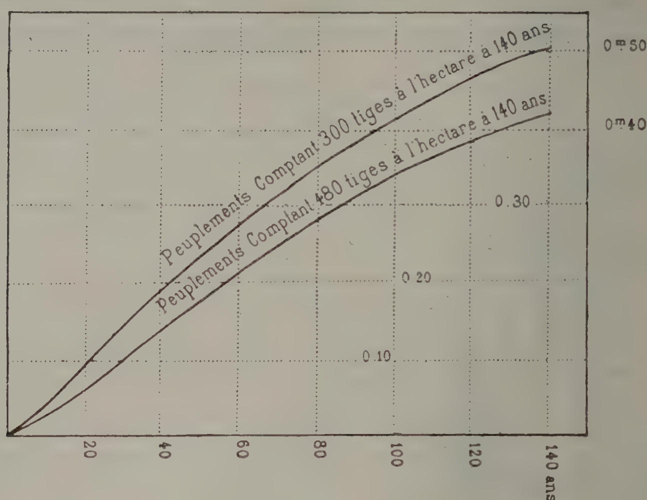


Fig. 93. — Développement du diamètre moyen dans des massifs de sapin dans la Forêt-Noire, IIe *Bonität* (d'après M. Schuberg).

§ 6. — Surface terrière des peuplements.

On appelle surface terrière d'un peuplement la somme des surfaces des sections à hauteur d'homme (à 1m,30 du sol) de tous les arbres qui le composent.

La grandeur de la surface terrière n'est pas proportionnelle au nombre des tiges, puisque le diamètre des tiges est d'autant plus grand qu'elles sont moins nombreuses. On constate, dans de certaines limites, que cette augmentation du diamètre chez l'individu compense l'effet du plus petit nombre des tiges. Ainsi deux peuplements de sapin de 82 ans, dans des conditions moyennes, avaient l'une 1,080 et l'autre 1,650 tiges, tandis que les surfaces terrières étaient 54mq,1 et 53mq,6 [1]. — De même deux peuplements de hêtre de 65 ans portaient l'un 1,060 et l'autre 1,600 tiges, les surfaces terrières étant 29mq,6 et 29mq,7 [2]. Cependant, toutes choses égales d'ailleurs, les

1. Places d'essai nos 42 et 43 de M. Schuberg (*Weisstanne, etc.*, p. 24).
2. Places d'essai nos 67 et 69 de M. von Baur (*Die Rotbuche, etc.*, p. 83).

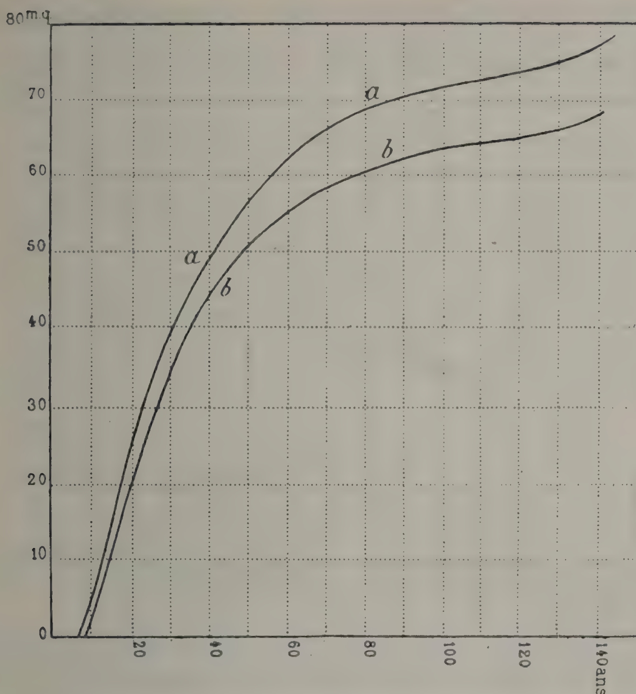


Fig. 94. — Surface terrière d'une sapinière de la Forêt-Noire, dans des conditions très bonnes (d'après M. Schuberg).

***a*) Peuplement renfermant, à 140 ans, 476 tiges.**
***b*) Peuplement renfermant, à 140 ans, 296 tiges.**

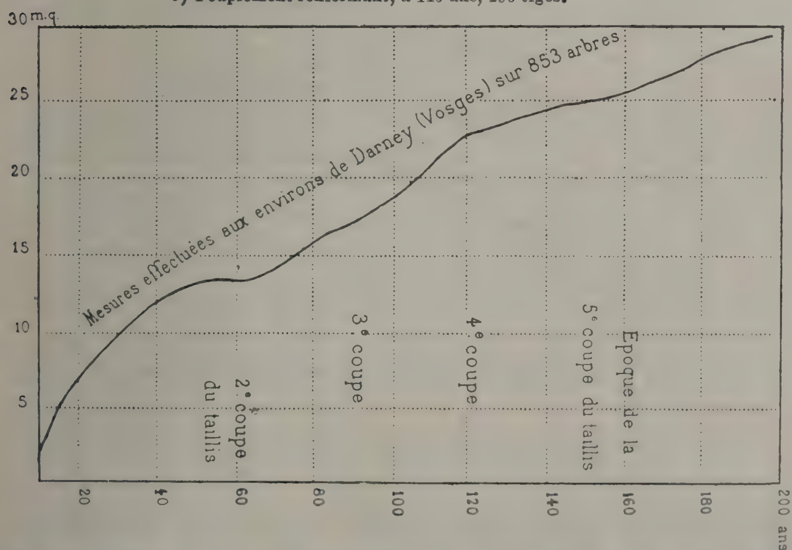


Fig. 95. — Surfaces terrières de chênes, réserves de taillis, de différents âges, ayant un couvert total de 1 hectare (d'après M. Galmiche). Cette figure montre que, après la coupe de taillis, la surface terrière de l'arbre croît plus rapidement que son couvert.

peuplements riches en tiges ont une surface terrière plus grande que les autres.

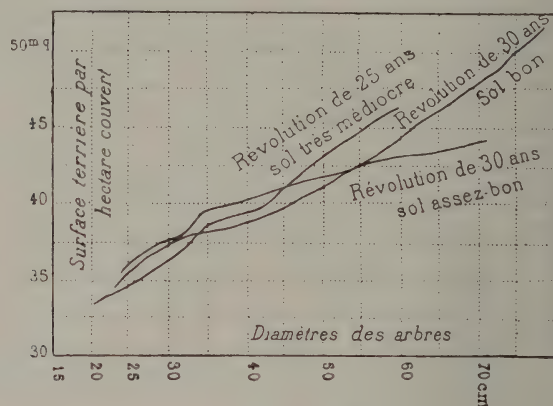


Fig. 95 *bis*. — Variation, avec le diamètre des arbres, de la surface terrière par hectare couvert de baliveaux-chêne (d'après M. Bartet).

La surface terrière d'un peuplement débute par une valeur très faible qui va ensuite en augmentant jusqu'à la fin de son existence.

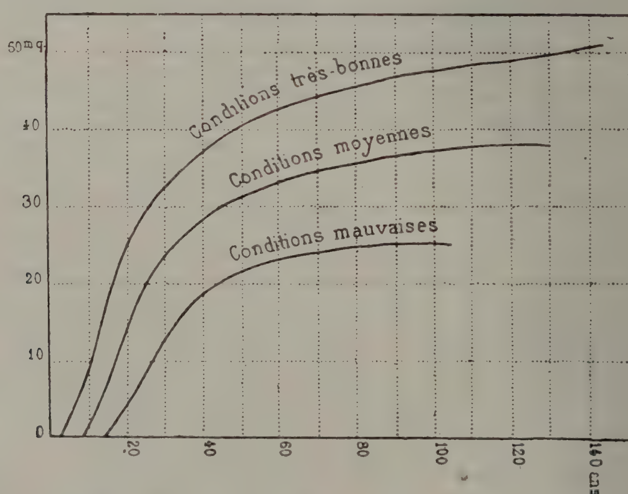


Fig. 96. — Surfaces terrières de peuplements de pin sylvestre dans les plaines basses de l'Allemagne du Nord (d'après M. Schwappach).

L'augmentation, rapide dans le jeune âge, devient plus faible à partir de l'âge moyen sans pourtant jamais cesser entièrement jusqu'à l'âge du dépérissement. Ainsi un peuplement de pins syl-

vestres qui a une surface terrière de 14 mètres carrés à 20 ans, en a une de 36 à 80 ans et de 38 à 120 ans. L'accroissement de la surface terrière se ralentit plus vite et plus considérablement chez les essences qui, par suite de leur tempérament, ne comportent pas l'état serré (pin sylvestre, chêne, mélèze, etc.). Au contraire, les essences résineuses formant des massifs très sombres, comme le sapin et l'épicéa, continuent plus longtemps à accroître leur surface terrière, et celle-ci peut alors atteindre jusqu'à 80 mètres carrés vers 150 ans, tandis que pour le bouleau elle ne dépasse guère 32 mètres carrés, pour le tremble 36 mètres carrés, pour le hêtre 46 mètres carrés, etc...

Dans de mauvaises conditions de station, malgré le plus grand nombre de tiges, la surface terrière est toujours notablement plus faible que dans de bonnes conditions. D'une façon générale, on peut dire que, vers 120 à 150 ans, la surface terrière des peuplements est égale, à peu près, à 0.4 ou 0.5 p. 100 de la surface du terrain qu'ils couvrent[1]. Chez le sapin et l'épicéa ce rapport peut aller à 0.8 p. 100.

§ 7. — Accroissement et taux d'accroissement des peuplements.

Développement du volume. — Le volume d'un peuplement est très faible dans les premières années et augmente d'abord lentement. Vers l'âge moyen (50 à 100 ans), il s'accroît très rapidement; plus tard l'accroissement se ralentit sans jamais cesser jusqu'au moment du dépérissement du massif. Ce n'est que par suite de l'intervention de l'homme qui éclaircit les massifs (ou d'accidents agissant dans le même sens) qu'on peut voir des peuplements dont le volume reste stationnaire ou va même en décroissant avant le moment du dépérissement naturel.

1. Dans un travail publié en 1843 par les *Annales forestières*, M. Poirson, inspecteur des forêts à Compiègne, essayait d'établir que la surface terrière d'un peuplement de chêne variait très peu avec l'âge et restait comprise entre 44 et 49 mètres carrés. On voit que ses conclusions peuvent parfaitement être acceptées, à condition de ne considérer que des bois d'âge au moins moyen.

Voici, d'après différents auteurs, la façon dont se développe, avec l'âge, le volume de peuplements de diverses essences et dans

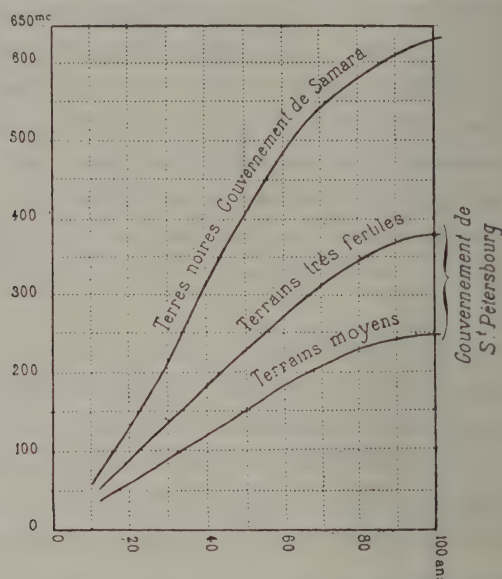


Fig. 97. — Développement du volume de massifs de bouleau en Russie (d'après M. Wargas de Vedemar).

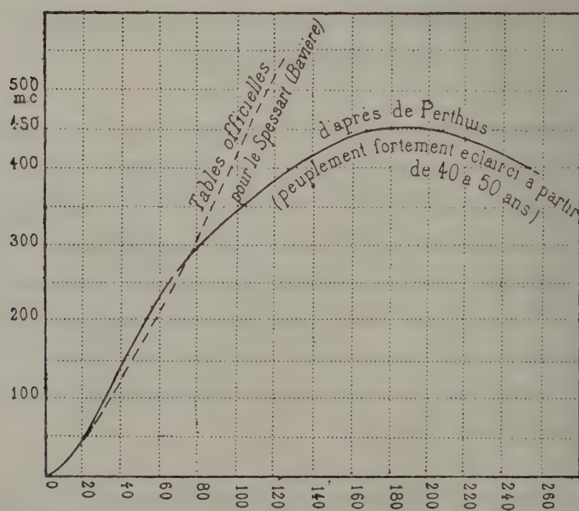


Fig. 98. — Développement du volume de massifs de chêne dans de très bonnes conditions.

diverses stations. On pourra remarquer que cette question a été étudiée en France au moins 30 ans avant les premiers écrits de

Volume, par arpent, des peuplements de chêne de divers âges.

AGES.	D'après DUHAMEL DU MONCEAU. (*Exploitation des bois*, I, p. 173. 1767.)	D'après TELLÈS D'ACOSTA. (*Instruction sur les bois de marine*, 1782.)	D'après JUGE DE SAINT-MARTIN. (*Culture du chêne*, 1788.)			D'après DE PERTHUIS (*Traité d'aménagement*, écrit en 1788.)			OBSERVATIONS.
			Circonférence moyenne.	Cordes.	Fagots.	Sols très bons.	Sols moyens.	Sols mauvais.	
ans.			pouces.			cordes.	cordes.	cordes.	
10	» »	» »	7	»	1,000	4 1/4	3 1/4	2	Pour Duhamel, Tellès d'Acosta et Juge de Saint-Martin, la corde est de 3.839 stères; pour de Perthuis, de 4.801 stères. De Perthuis a réduit en cordes le volume des fagots à raison de 4 cordes 1/2 de charbonnette par corde de chauffage, et de 500 bourrées par corde de chauffage. L'arpent est de $0^{hect},51$. Le pied = 12 pouces = $0^{m},3248$.
15	» »	» »	8 1/2	»	1,250	9	5 3/4	2 1/2	
20	8 cordes et 800 fagots.	14 cordes et 1,000 fagots	11	8	500	15	9 1/4	3 1/2	
25	12 — et 1,200 —	17 — et 1,100 —	14	12	700	21	13 1/4	5 1/2	
30	18 — et 1,800 —	20 à 24 — et 1,200 —	15	18	950	27	16 3/4	6 1/2	
35	» »	» »	»	25	1,200	35	21	7	
40	» »	» »	20	26 et 100 pièces d'équarrissage.	1,200	42	24 1/2	7	
50	» »	» »	»	»	»	56	31	6	
60	» »	» »	»	»	»	70	37 1/2	5	
70	» »	» »	»	»	,	80	41 1/2	3	
80	» »	» »	»	»	»	90	46 1/2	2	
90	» »	» »	»	»	»	96	48 1/2	1	
100	» »	» »	»	»	»	102	51	»	
120	» »	» »	»	»	»	114	57	»	
140	» »	» »	»	»	»	124	62	»	
150	» »	» »	»	»	»	128	64	»	
200	» »	» »	»	»	»	135	67	»	
250	» »	» »	»	»	»	120	60	»	
300	» »	» »	»	»	»	110	55	»	

G. L. Hartig ; elle a été mise à l'ordre du jour par Réaumur qui, dans un mémoire de 1721, propose un véritable programme d'expériences à entreprendre pour étudier les lois des accroissements du volume des peuplements.

Dans les tableaux qui vont suivre, les chiffres romains placés en tête des colonnes signifient : I. Conditions très favorables. — III. Conditions moyennes. — V. Conditions mauvaises.

AGES.	VOLUME EN MÈTRES CUBES D'UN PEUPLEMENT DE PIN SYLVESTRE. Gouvernement de Saint-Pétersbourg. (M. Wargas de Vedemar.)			Forêt-Noire (M. Schuberg.)			Forêt de Haguenau [Alsace]. (*Procès-verbal d'aménagement de 1872.*)	
	I.	III.	V.	I.	III.	V.	I.	III.
ans.								
10	»	»	»	69	31	12	»	»
20	83	47	24	168	97	46	»	»
30	134	78	42	280	166	85	»	»
40	190	113	62	384	243	126	»	»
50	248	150	84	475	308	164	430	310
60	302	188	102	554	365	197	520	370
70	352	224	117	622	415	225	610	430
80	397	257	129	682	457	250	700	490
90	436	287	139	»	»	»	790	540
100	472	311	146	»	»	»	860	580
110	504	333	»	»	»	»	910	600
120	529	349	»	»	»	»	950	»
130	544	360	»	»	»	»	»	»
140	551	367	»	»	»	»	»	»

AGES.	VOLUME EN MÈTRES CUBES D'UN PEUPLEMENT D'ÉPICÉAS. Wurtemberg. (D'après M. Lorey)		Saxe. (D'après M. Kunze.)		Allemagne du Sud. (D'après M. Schwappach.)			Montagnes du Harz (D'après M. R. Hartig)	DE SAPIN pectiné. — Wurtemberg. (D'après M. Lorey).
	I.	III.	I.	III.	I.	III.	V.	II.	III.
ans.									
10	50	14	86	44	90	40	6	2	8
20	152	54	184	94	200	94	20	40	28
30	294	113	329	176	345	164	47	199	60
40	446	193	517	288	517	250	89	412	103
50	603	297	659	402	669	340	136	540	158
60	743	394	779	499	780	429	187	618	225
70	853	482	869	568	872	512	242	732	303
80	924	559	938	634	956	586	298	810	396
90	982	620	986	676	1,032	655	351	882	500
100	1,029	674	1,032	708	1,100	720	400	947	608
110	1,068	720	1,078	737	1,161	779	»	1,023	712
120	1,100	760	1,120	764	1,218	832	»	1,100	795
130	»	»	»	»	»	»	»	1,144	856
140	»	»	»	»	»	»	»	1,176	900

AGES.	VOLUME EN MÈTRES CUBES D'UN PEUPLEMENT DE HÊTRE. Forêt DU SPESSART (D'après M. R. Hartig.)	Forêts DU HANOVRE. (D'après M. Burckhardt.)			Forêts de l'île DE SEELAND. [Danemark.] (D'après M. Prytz.)	WURTEMBERG. (D'après M. v. Baur.)			D'une futaie DE HÊTRE, 0.8; ÉRABLE, 0.1; FRÊNE, 0.1. — Forêt DE ZURICH. [Suisse.] (*Procès-verbal d'aménagement*, par M. Meister.)
	III.	I.	III.	V.	II.	I.	III.	V.	II.
ans.									
10	40	»	»	»	»	27	14	3	31
20	65	»	»	»	34	80	40	17	86
30	120	86	67	57	119	161	81	39	148
40	185	143	114	95	230	248	139	64	220
50	260	209	171	133	307	338	194	89	300
60	330	285	228	171	388	422	251	116	390
70	390	352	276	200	450	502	310	150	482
80	445	419	323	219	504	580	365	181	567
90	505	475	352	238	564	651	420	211	642
100	550	523	380	247	623	721	472	241	694
110	590	570	409	257	»	784	520	271	»
120	630	609	428	»	»	811	567	297	»
130	660	646	»	»	»	»	»	»	»
140	690	665	»	»	»	»	»	»	»

AGES.	VOLUME EN MÈTRES CUBES D'UN PEUPLEMENT DE CHÊNE. Forêts DU HANOVRE. (D'après M. Burckhardt.)			Tables officielles pour LE SPESSART. (Bavière.)			Taillis simples DU BANAT. [Transylvanie.] (*Statistique du Banat, 1877.*)	D'une futaie mélangée DE CHÊNE ET DE HÊTRE — Forêt DE HAGUENAU [Alsace.] (*Procès-verbal d'aménagement de 1872.*)	
	I.	III.	V.	I.	III.	V.		I.	III.
ans.									
10	»	»	»	11	9	6	7.6	»	»
20	»	»	»	44	28	13	30	»	»
30	86	67	48	85	53	22	61	»	»
40	152	114	76	122	76	32	98	»	»
50	219	162	114	163	101	42	139	»	»
60	285	209	162	207	131	55	154	»	»
70	342	257	200	254	160	67	182	»	»
80	400	304	228	305	189	80	189	550	370
90	447	342	257	357	226	94	181	640	430
100	495	380	276	412	260	108	164	730	490
110	532	409	295	468	295	123	146	810	540
120	570	428	314	519	328	136	»	880	580
130	600	446	323	»	»	»	»	940	»
140	628	466	333	»	»	»	»	»	»
150	646	475	»	»	»	»	»	»	»
160	666	»	»	»	»	»	»	»	»

AGES.	VOLUME EN MÈTRES CUBES D'UN PEUPLEMENT							
	DE TREMBLE. (D'après M. Wargas de Vedemar.)						DE BOULEAU. (D'après M. Burckhardt.)	
	Gouvernement DE TOULA (Russie).			Gouvernement DE SAMARA (Russie).			Dans LE HANOVRE.	
	I.	III.	V.	I.	III.	V.	I.	III.
ans.								
20	147	105	65	144	69	34	124	76
30	224	159	100	233	129	62	190	114
40	391	214	134	323	176	86	247	143
50	375	271	169	394	227	104	295	152
60	441	325	197	452	266	115	323	»
70	496	370	222	493	292	»	»	»
80	539	404	237	522	303	»	»	»
90	571	429	»	»	»	»	»	»
100	576	»	»	»	»	»	»	»

Les chiffres attribués à M. de Vedemar sont extraits du traité d'aménagement de M. Weber.

Accroissements. — L'accroissement annuel du volume, faible au début, augmente rapidement avec le temps et culmine de bonne heure (vers 30 à 40 ans) chez les essences à développement très rapide et dans de très bonnes conditions. Dans la plupart des cas, cependant, le maximum se produit seulement vers l'âge moyen ou encore plus tard, lorsque la végétation est très ralentie. A partir du maximum, l'accroissement annuel diminue assez rapidement dans les bonnes conditions, lentement dans les mauvaises.

L'accroissement moyen, comme nous savons, d'abord inférieur à l'accroissement annuel et de plus en plus grand, lui devient égal, culmine, puis diminue lentement. Ses variations sont moins considérables que celles de l'accroissement annuel et le maximum se produit beaucoup plus tard.

La figure 99, que nous empruntons à M. de Guttenberg, représente la marche des accroissements annuels et moyens de peuplements d'épicéa des hautes Alpes autrichiennes dans des conditions très favorables, moyennes et mauvaises.

Le tableau ci-après, page 116, résume les chiffres donnés par un

certain nombre d'auteurs pour la grandeur des accroissements et le moment de leur maximum.

On remarquera d'assez grandes divergences entre les différents auteurs, notamment pour le sapin. On peut les expliquer par la différence d'origine des peuplements étudiés : les sapins étudiés par M. Lorey étaient, dit-on, des peuplements autrefois jardinés et sans

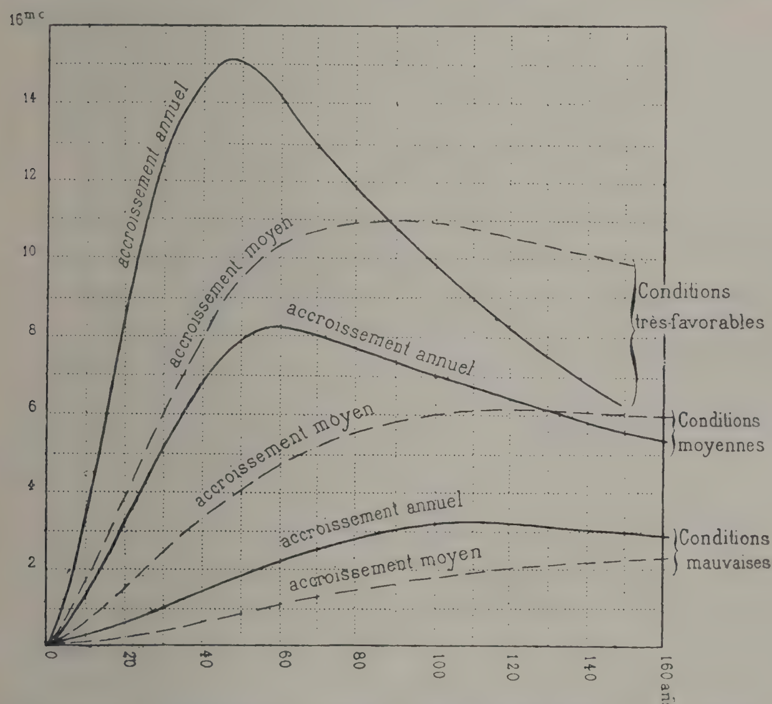


Fig. 99. — Accroissements du volume de peuplements d'épicéa dans les hautes Alpes autrichiennes (d'après M. de Guttenberg).

doute longtemps dominés dans leur jeunesse[1]. Quoi qu'il en soit, et sans attacher trop d'importance à l'époque mathématiquement précise de la culumination de l'accroissement moyen, on voit que l'époque de l'exploitabilité absolue des peuplements (Parade) ou du maximum simple (Varenne de Fenille) tombe, pour des peuplements non éclaircis de la plupart des essences et dans des conditions moyennes, vers la fin du premier siècle (75 à 110 ans), sauf pour le

1. Schuberg, *Die Weisstanne,* p. 83 et 84.

pin sylvestre où le maximum de l'accroissement moyen se produit dès 50 ans dans des conditions moyennes.

	CLASSES de STATION.	MAXIMA DES ACCROISSEMENTS ANNUELS. Ages.	MAXIMA DES ACCROISSEMENTS ANNUELS. Valeurs.	MAXIMA DES ACCROISSEMENTS MOYENS. Ages.	MAXIMA DES ACCROISSEMENTS MOYENS. Valeurs.	NOM DE L'AUTEUR.
		ans.	mèt. cub.	ans.	mèt. cub.	MM.
Sapin dans la Forêt-Noire	I.	25	22.50	55	12.24	Schuberg.
	III.	40	13.50	72	7.63	
	V.	60	7.05	100	4.54	
Sapin dans le Wurtemberg	I.	82	16.0	105	10.40	Lorey.
	III.	100	10.8	125	6.6	
Pin sylvestre dans l'Allemagne du Nord	I.	30	8.8	35	8.1	Schwappach.
	III.	30	6.2	40	5.3	
	V.	40	3.4	70	1.7	
Pin sylvestre en Saxe	I.	25	17.2	40	10.6	Kunze.
	III.	35	9.2	45	6.1	
	V.	45	4.5	60	2.7	
Pin sylvestre en Poméranie	I.	35	19.2	40	9.4	R. Hartig.
Pin sylvestre dans la Finlande du Nord (au-dessus de 64° de latitude)	I.	»	»	Vers 180 ans.	1.9	Chiffres officiels publiés par M. Blomqvist, directeur de l'école d'Évois (Helsingfors, 1872).
	III.	»	»		1.5	
	V.	»	»		1.1	
Épicéa dans l'Allemagne du Sud	I.	40	17.4	50	13.2	Schwappach.
	III.	60	8.6	75	7.6	
	V.	80	6.2	80	5.6	
Hêtre Spessart	III.	45	7.5	90	5.6	R. Hartig.
Hêtre Wurtemberg	I.	43	9.0	75	6.2	Von Baur.
	III.	65	6.0	110	4.7	
	V.	85	4.0	115	2.5	
Chêne dans le grand-duché de Bade	II.	65	7.7	100	5.6	Schuberg.

Le tableau ci-après, page 117, donne la variation, avec l'âge, des accroissements annuels et moyens du volume du peuplement principal de diverses essences.

Taux d'accroissement du volume du peuplement principal. — On calcule le taux d'accroissement du volume des peuplements par les mêmes formules que nous avons vues au § 10 du chapitre I, lorsqu'on connaît les volumes du peuplement au commencement et à la fin de la période qu'on considère. Sinon, on détermine le taux

d'accroissement en mesurant celui d'un nombre suffisant d'arbres d'expérience. Les différentes classes d'arbres d'un peuplement ayant des taux d'accroissement notablement différents, on opère de la façon suivante :

Un peuplement de sapin de 80 ans présente, par exemple :

130 tiges de	$0^m,15$ de diamètre cubant	. . . .	30 mètres cubes.
390 —	0 20 —	. . . . .	160 —
270 —	0 25 —	. . . . .	170 —
80 —	0 30 —	. . . . .	71 —
30 —	0 35 —	. . . . .	36 —
908			467

Grandeur des accroissements annuels et moyens du volume du peuplement principal de diverses essences.

AGES.	ÉPICÉA dans LA SAXE. (D'après M. Kunze.)				SAPIN dans LA FORÊT-NOIRE. (D'après M. Schuberg).						HÊTRE dans le WURTEMBERG. (D'après M. v. Baur.)	
	Classes de station :				Classes de station :						Classe de station :	
	I.		III.		I.		III.		V.		III.	
	Accroissements		Accroissements		Accroissements		Accroissements		Accroissements		Accroissements	
	annuels.	moyens.	annuels.	moyens.	annuels.	moyens.	annuels.	moyens.	annuels.	moyens.	annuels.	moyens.
ans.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
10	9.0	8.6	4.4	4.4	4.1	1.35	2.2	0.7	0.40	0.25	2.0	1.4
20	10.2	9.2	5.2	4.7	14.0	3.5	5.8	1.8	1.40	0.7	3.2	2.0
30	15.8	11.0	9.2	5.9	22.5	8.4	11.0	3.6	3.10	1.3	5.3	2.8
40	17.6	12.9	11.6	7.2	15.9	11.6	12.4	5.8	5.10	2.2	5.5	3.5
50	13.6	13.2	11.0	8.0	12.3	12.2	10.3	7.0	6.7	3.0	5.6	3.9
60	11.2	13.0	9.4	8.3	10.3	12.2	8.9	7.5	7.05	3.7	5.7	4.2
70	8.2	12.4	6.6	8.1	8.9	11.8	7.7	7.6	6.8	4.1	5.9	4.4
80	6.6	11.7	6.6	7.9	7.8	11.4	6.8	7.6	6.05	4.4	5.5	4.6
90	4.6	11.0	4.0	7.5	6.9	11.0	5.9	7.5	5.3	4.5	5.5	4.7
100	4.6	10.3	3.0	7.1	6.1	10.6	5.2	7.3	4.6	4.5	5.0	4.7
110	4.6	9.8	2.8	6.7	5.5	10.1	4.6	7.1	4.0	4.5	4.8	4.7
120	4.2	9.3	2.6	6.4	5.0	9.7	4.0	6.9	3.3	4.4	4.5	4.6
130	»	»	»	»	4.7	9.4	3.4	6.6	2.7	4.3	»	»
140	»	»	»	»	4.4	9.0	3.0	6.4	2.1	4.2	»	»

On peut admettre que le taux d'accroissement varie assez peu dans l'intérieur d'une même catégorie de diamètre pour qu'on puisse le prendre égal à la moyenne d'un certain nombre d'arbres d'expérience. Nous obtenons ainsi des taux τ_{15} τ_{20} τ_{25} τ_{30} τ_{35} pour

nos cinq catégories et nous prenons pour taux d'accroissement du peuplement

$$\tau = \frac{30\,\tau_{15} + 160\,\tau_{20} + 170\,\tau_{25} + 71\,\tau_{30} + 36\,\tau_{35}}{467}.$$

Le taux auquel s'accroît le volume d'un peuplement suit une marche analogue à celle que nous avons observée pour l'arbre.

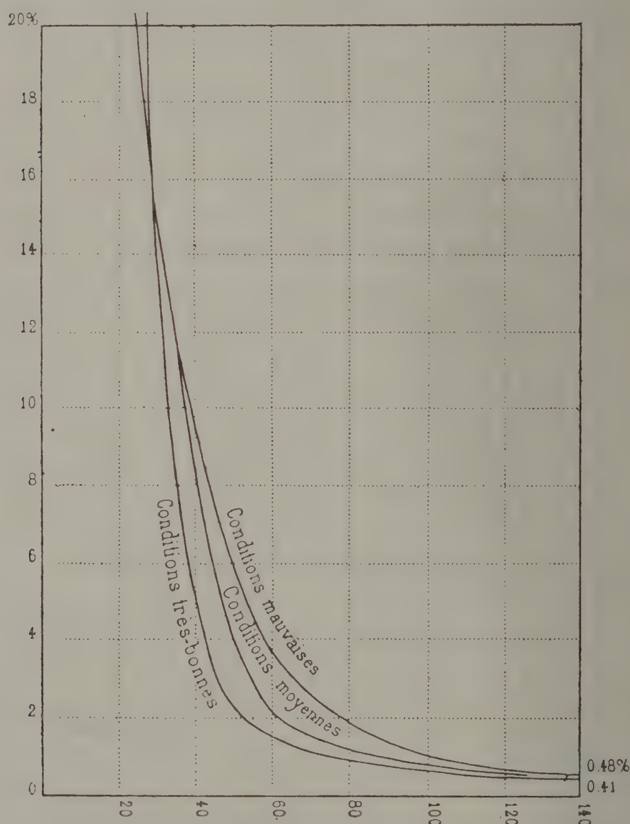


Fig. 100. — Taux d'accroissement du volume de peuplements de sapin (d'après M. Schuberg).

Très grand dans la jeunesse, il diminue très rapidement d'abord, puis de plus en plus lentement jusqu'aux âges extrêmes. La figure n° 100, construite d'après M. Schuberg, en donnera une idée. Les chiffres diffèrent du reste assez peu d'une essence à l'autre, au moins pour les résineux, comme on le voit par le tableau ci-après :

Taux d'accroissement dans des conditions très favorables.

	AUX AGES			
	de 60 ans.	de 80 ans.	de 100 ans.	de 120 ans.
Pin sylvestre (M. Schwappach)	1.30 p. 100.	0.78 p. 100.	0.48 p. 100.	0.36 p. 100.
Épicéa (M. v. Baur)	1.5 —	0.9 —	0.7 —	0.5 —
Hêtre (M. v. Baur)	1.9 —	1.3 —	0.91 —	0.66 —
Sapin (M. Schuberg)	1.36 —	0.82 —	0.55 —	0.42 —

Taux moyen d'accroissement ou taux de Hundeshagen. — Une forêt de futaie pleine qui doit fournir chaque année un peuplement de 150 ans couvrant un hectare doit, de toute nécessité, présenter au moment de la récolte un capital ligneux formé de :

1 hectare de bois de 1 an.
1 — 2 ans.
1 — 3 ans, etc., etc.,

jusqu'à un hectare de bois de 150 ans. En d'autres termes, elle devra avoir une étendue de 150 hectares et présenter des bois de tous les âges de 1 à 150 ans, à chaque âge étant réservée une étendue égale. Telle est la condition nécessaire et suffisante du rapport annuel et soutenu dans les forêts où l'on récolte des peuplements d'un seul âge.

Soit V le volume total de tous ces bois, v le volume du produit principal (un hectare de bois de 150 ans), le rapport $\frac{v}{V}$ est le *taux moyen d'accroissement* à 150 ans ; c'est le rapport entre le volume du revenu principal et celui du capital ligneux qui l'engendre. Ce taux est intéressant à considérer, car il existe des méthodes d'aménagement où l'on utilise un facteur analogue pour déduire du volume des bois sur pied celui de la récolte en produits principaux[1]. (Méthode de Hundeshagen, méthode Masson.)

1. Si nous admettons que le volume des peuplements croît uniformément de a mètres cubes quel que soit leur âge, le volume de la forêt normale sera, à l'unité de surface, $\frac{an}{2}$; la production étant a, le taux de Hundeshagen devient $\frac{2}{n}$, ce qui est le taux Masson, souvent employé en France pour calculer la possibilité des forêts jardinées.

Le tableau ci-après, page 120, donnera une idée de la valeur du taux moyen d'accroissement pour diverses essences et différents âges d'exploitation[1].

Rapport, au volume total des bois sur pied dans une série normale, du volume des produits principaux.

AGES D'EXPLOITATION. (n)	TAUX calculé par la FORMULE Masson $t = \frac{2}{n}$.	SAPIN (FORÊT-NOIRE) d'après M. Schuberg. — Dans des conditions			PIN SYLVESTRE d'après M. Weise. — Dans des conditions			ÉPICÉA (ALLEMAGNE DU SUD) d'après M. Schwappach — Dans des conditions			HÊTRE (WURTEMBERG) d'après M. v. Baur. — Dans des conditions		
		très bonnes.	moyennes	mauvaises.	très bonnes.	moyennes	mauvaises.	très bonnes.	moyennes	mauvaises.	très bonnes.	moyennes	mauvaises.
ans.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
50	4.00	5.52	6.27	6.87	4.1	4.2	4.3	4.10	4.86	5.22	5.05	5.28	5.45
60	3.33	4.10	4.70	5.95	3.3	3.4	3.4	3.28	3.90	4.30	4.05	4.25	4.38
70	2.85	3.24	3.70	4.40	2.7	2.8	2.8	2.70	3.05	3.66	3.30	3.55	3.77
80	2.50	2.68	3.03	3.61	2.3	2.3	2.3	2.30	2.58	3.17	2.82	3.02	3.02
90	2.22	2.30	2.54	3.00	2.0	2.0	»	1.93	2.25	2.72	2.45	2.62	2.80
100	2.00	1.96	2.18	2.55	1.7	1.8	»	1.52	2.00	2.40	2.15	2.31	2.44
110	1.82	1.72	1.86	2.20	1.5	1.6	»	1.38	1.79	»	1.91	2.04	2.19
120	1.67	1.53	1.68	1.85	»	»	»	1.26	1.64	»	1.70	1.83	1.94
130	1.54	1.44	1.50	1.71	»	»	»	»	»	»	»	»	»
140	1.42	1.26	1.36	1.50	»	»	»	»	»	»	»	»	»
150	1.33	1.13	1.21	1.35	»	»	»	»	»	»	»	»	»

On voit que le taux moyen varie avec l'âge d'exploitation d'une manière analogue à celle dont le taux annuel d'accroissement varie avec l'âge du peuplement.

§ 8. — Influence des éclaircies sur la végétation des peuplements.

Historique sommaire. — Le but du présent ouvrage est de vulgariser en France des ouvrages étrangers. Cependant les forestiers français nous reprocheraient avec raison de ne pas rappeler ici que la théorie des éclaircies est une théorie française et constitue un des plus beaux titres de gloire de nos prédécesseurs.

---

1. D'après Burckhardt, le taux moyen d'accroissement est, pour le chêne, de 1.67 p. 100 à 130 ans, de 1.49 p. 100 à 140 ans et de 1.46 p. 100 à 150 ans.

Le premier forestier qui ait préconisé les éclaircies et dont les écrits nous soient connus est Tristan, marquis de Rostaing, qui était grand-maître, réformateur général des eaux et forêts sous le roi Charles IX [1]. De Rostaing recommandait les éclaircies en vue d'améliorer la végétation des futaies; ces éclaircies n'étaient du reste probablement plus une nouveauté de son temps, car nous savons (par Varenne de Fenille) que certaines forêts résineuses étaient régulièrement éclaircies depuis longtemps lorsque parut l'ordonnance de 1669. On dit même que de Rostaing connut le procédé de régénération des futaies par coupes successives. — La plupart des auteurs forestiers du XVIII[e] siècle ont parlé des *coupes par éclaircissement,* mais aucun ne l'a fait plus magistralement que Varenne de Fenille dans ses trois mémoires imprimés en 1790 et 1791 et réédités en 1807. On y trouve la théorie à peu près complète des éclaircies telle que nous la ferions encore aujourd'hui. Varenne de Fenille fait notamment observer que l'éclaircie modérée favorise l'accroissement en hauteur, hâte le développement du diamètre et donne ainsi des produits plus précieux à un âge moins avancé; qu'elle fournit des produits intermédiaires considérables qui font augmenter la rente et le taux de placement; qu'elle peut retarder le moment où se produit l'accroissement maximum; qu'elle permet d'élever au milieu de massifs de chêne ou de hêtre des essences intéressantes mais moins longévives qu'on exploite, au fur et à mesure de leur maturité, lors des éclaircies. C'est à lui qu'appartient cet aphorisme dont M. Poirson, en 1843, faisait honneur aux Allemands *qu'en surchargeant les futaies on produit plus d'arbres et moins de bois.*

En Allemagne, G. L. Hartig et après lui H. Cotta enseignèrent que la coupe intermédiaire doit être réduite à l'enlèvement des bois

---

1. De Rostaing fut l'avant-dernier titulaire de cette charge créée en 1376 par le roi Charles V. Il quitta le service du roi en 1567; son tombeau se trouve à l'église de Saint-Germain-l'Auxerrois à Paris. Malgré nos recherches, il ne nous a pas été possible, jusqu'à présent, de nous procurer l'original de ses œuvres. Il est cité par Meaume, p. 172 du tome 25 du *Répertoire* de Dalloz; par M. Clavé, p. 102 de ses *Études sur l'économie forestière,* et par plusieurs auteurs qui paraissent avoir pris leurs renseignements dans l'ouvrage de Meaume.

morts ou mourants. Ces idées sont encore universellement suivies aujourd'hui chez nos voisins, qui appellent forte une éclaircie qui réalise des bois dominés, mais dont la cime n'est encore desséchée qu'en partie.

Pressler, qui fut un des plus grands remueurs d'idées qu'ait produits l'Allemagne forestière, avait été conduit, il y a 25 ans environ, par des considérations d'ordre financier, à préconiser des âges d'exploitation de 70 à 90 ans pour les futaies. Préoccupé de ce fait, qu'en coupant des arbres aussi jeunes on n'obtiendrait plus suffisamment de gros bois, il rechercha un moyen de hâter le grossissement des arbres par des opérations appropriées et il fut un des premiers dans son pays à recommander la culture des arbres à l'état plus ou moins dégagé [1]. Après lui MM. Wagener et Kraft ont surtout étudié la question qui est maintenant à l'ordre du jour en Allemagne. L'influence des divers degrés d'éclaircie ou même des coupes d'isolement avec sous-bois artificiel est étudiée par les stations de recherches allemande, autrichienne et suisse sur des centaines de places d'essai ; des résultats intéressants ont déjà été publiés et ils ne tarderont pas à devenir nombreux.

Définition de l'éclaircie. — L'éclaircie, telle que nous l'entendons en France, est une opération qui consiste à dégager les sujets d'élite du peuplement principal de façon à ce que leurs cimes puissent se développer librement. Le but de l'opération est de hâter la croissance des tiges d'élite, et le moyen consiste à affranchir complètement leurs cimes de tout contact nuisible. L'éclaircie est d'autant plus facile qu'on a soin de respecter les arbres dominés encore vivants, dont la présence permet d'opérer vigoureusement sans danger pour le maintien de la forêt et la conservation de la fertilité du sol.

Pratique de l'éclaircie. — Les peuplements très serrés ont, comme nous savons, un accroissement en hauteur plus faible que les autres.

---

1. Pressler a dit que l'éducation des bois en massifs serrés uniformes paralyse l'accroissement et nuit au rendement en argent (*zuwachslähmend und finanzwidrig*).

D'un autre côté, les arbres fortement dégagés présentent une tendance à ralentir de meilleure heure leur développement en hauteur et surtout la dénudation de leur fût. Il y a donc un intérêt sérieux à ne pas éclaircir trop vigoureusement les peuplements avant que la hauteur totale et la hauteur du fût ne soient devenues suffisantes. Ce n'est qu'à partir de ce moment qu'on commencera à opérer avec hardiesse, en dégageant complètement la cime des plus beaux arbres, mais en respectant avec soin les arbres encore vivants qu'ils dominent[1].

C'est l'accroissement d'un nombre relativement faible de tiges d'élite que nous nous occupons uniquement de favoriser. Les tiges d'élite sont, dans un peuplement d'une seule essence, celles qui sont les plus vigoureuses et les mieux conformées. On sait en effet que, à tous les âges de la vie d'un peuplement, la production est due pour la plus grande partie à un assez petit nombre d'arbres. Les chiffres ci-après, page 124, que nous empruntons aux publications de M. Schwappach, le montrent bien clairement.

1. L'éclaircie ayant pour but de dégager les cimes des tiges d'élite et respectant l'étage dominé encore vivant, est enseignée à l'École forestière de Nancy, depuis que Parade, élève de Cotta et importateur en France des idées de son maître en matière d'éclaircies, idées si contraires à nos traditions nationales, a cessé de dominer l'enseignement de cette école, c'est-à-dire depuis 25 à 30 ans. Nous en trouvons la preuve écrite dans le *Manuel de sylviculture,* de Bagnéris, publié en 1873 (p. 38 et suivantes, p. 66), puis dans les ouvrages de MM. Broilliard et Boppe. Les ouvrages de Bagnéris et de M. Broilliard paraissent peu connus en Allemagne, où les auteurs les plus considérables sont souvent fort mal renseignés sur nos méthodes françaises. Cela explique que MM. Kraft et de Salisch se disputent encore la priorité de cette idée que le peuplement dominé mais vif doit toujours être respecté lors des éclaircies, même (et surtout) les plus fortes, alors qu'elle est longuement et clairement développée dans des ouvrages classiques publiés à Nancy par des professeurs de l'École forestière en 1873, 1878 et 1881. (Le premier livre de M. Kraft sur les éclaircies est de 1883; celui de M. Salisch est de 1885.) C'est le *Traité de sylviculture,* de M. Boppe (1889), qui a attiré l'attention des Allemands sur nos méthodes françaises, et c'est depuis sa publication que nos voisins ont commencé à expérimenter de tous côtés l'éclaircie française *par le haut,* celle qui dégage les cimes des tiges d'élite et ne coupe, dans le peuplement dominé, que des bois morts.

TABLEAU.

Épicéa dans des conditions très favorables.

AGES.	PRODUCTION DÉCENNALE EN MÈTRES CUBES			PROPORTION à la PRODUCTION DE L'HECTARE	
	fournie par hectare boisé. (Accroissement du peuplement principal, et produits intermédiaires).	fournie par les 200 arbres les plus forts.	fournie par les 380 arbres les plus forts.	de celle des 200 arbres les plus forts.	de celle des 380 arbres les plus forts.
30 ans.	116 mètr. cub.	36 mètr. cub.	64 mètr. cub.	31 p. 100	55 p. 100
40 —	108 —	45 —	74 —	42 —	69 —
50 —	102 —	53 —	81 —	52 —	79 —
60 —	92 —	56 —	82 —	62 —	89 —
70 —	78 —	57 —	72 —	73 —	92 —
80 —	64 —	53 —	61 —	83 —	95 —
90 —	54 —	46 —	52.5 —	86 —	97 —
100 —	47 —	41 —	46.5 —	87 —	99 —
110 —	43 —	38 —	43 —	88 —	100 —
120 —					

Hêtre (Chiffres communiqués par M. Schwappach).

Rapport, à la production totale (y compris les produits intermédiaires), de la production due aux arbres les plus forts.

AGES.	NOMBRE de TIGES.	100 ARBRES les PLUS FORTS.	200 ARBRES les PLUS FORTS.	300 ARBRES les PLUS FORTS.	400 ARBRES les PLUS FORTS.
56 ans. 65 —	1,270 576	29.1 p. 100	48.8 p. 100	64.4 p. 100	76.0 p. 100
101 — 110 —	556 360	36.7 —	61.8 —	78.2 —	» —
48 — 67 —	1,012 483	33.9 —	51.0 —	70.5 —	93.1 —

On voit que, dès l'âge de 50 ans, il suffit de 200 tiges pour former plus de la moitié de la production du sol et cela est d'autant plus intéressant que la production de ces 200 tiges est entièrement acquise aux produits principaux, c'est-à-dire à ceux qui ont le plus de valeur à l'unité de volume[1].

1. Ces chiffres ont été confirmés par des observations de la station de recherches suisse qui a constaté que dans un peuplement d'épicéas, suivi de 70 à 86 ans, le quart des tiges, choisies parmi les plus fortes, a fourni 34 p. 100 de l'accroissement total de la surface terrière (*Mittheilungen, etc.*, par le M. Dr Bühler, Zurich, 1891).

Influence de l'éclaircie sur le développement du diamètre. — Ce que nous avons dit du développement du diamètre chez les arbres, nous dispensera d'insister sur l'action de l'éclaircie sur la croissance du diamètre moyen des peuplements. Nous en donnerons un exemple qui nous est fourni par des places d'essai installées par la station de recherches forestières d'Eberswald en vue d'étudier l'action des éclaircies sur la végétation.

Influence de l'éclaircie sur le développement des peuplements

PARCELLES.	DATE des inventaires.	AGES.	HAUTEUR moyenne.	DIAMÈTRE moyen.	SURFACE terrière.	VOLUME en bois de plus de deux décimètres de tour.	OBSERVATIONS.
		ans.	mètres.	centimèt.	mèt. carr.	mèt. cub.	
			I. — Peuplements de chêne.				
A	1878	68	16.7	18.4	25.6	201	Éclaircie faible.
	1884	75	»	19.0	»	»	
	1892	82	19.0	22.4	28.3	269	
B	1878	68	16.8	19.2	18.50	146	Éclaircie forte.
	1884	75	17.5	22.0	»	»	
	1892	82	19.4	25.2	21.40	206	Cette parcelle est contiguë à la précédente.
			II. — Peuplements de hêtre.				
C	1872	48	14.8	12.9	28.2	180	Éclaircie faible.
	1877	53	17.2	14.5	29.0	227	
	1882	58	17.9	17.2	29.5	248	
	1887	63	21.6	19.0	32.4	327	
	1891	67	22.7	19.8	32.0	347	
D	1872	48	16.9	16.7	22.15	173	Éclaircie forte.
	1877	53	18.6	18.4	25.6	223	
	1882	58	20.3	20.9	25.8	248	
	1887	63	22.5	23.1	25.3	273	Cette parcelle est contiguë à la précédente.
	1891	67	23.7	25.4	24.6	279	

Les quatre parcelles que nous avons prises pour exemple ont été éclaircies d'après l'usage allemand, c'est-à-dire qu'on n'a pas touché au peuplement principal. L'éclaircie faible se réduit à l'enlèvement des bois morts et tout à fait dépérissants; l'éclaircie forte enlève, en même temps que les bois morts, les arbres dont la cime est déjà

partiellement morte et ne conserve plus de feuilles que d'un côté ou tout au sommet[1].

On voit que l'éclaircie forte de nos voisins ne serait même pas une éclaircie au sens français du mot, puisqu'elle ne touche pas au peuplement principal.

Nous voyons cependant combien elle est plus avantageuse[2] que l'opération usuelle (en Allemagne), qui consiste à n'enlever que ce qui est mort ou près de mourir.

La parcelle	A	a augmenté son diamètre	moyen	de 29 millim.	par an	(éclaircie faible).
—	B	—	—	de 43	—	(éclaircie forte).
—	C	—	—	de 40	—	(éclaircie faible).
—	D	—	—	de 46	—	(éclaircie forte).

Une opération desserrant franchement le peuplement principal aurait un effet bien plus considérable, comme on peut en juger par le développement du diamètre des 358 pins sylvestres cités comme exemple au § 7 du chapitre I. Les arbres dégagés ont accru leur diamètre de $0^{m},044$ par an et ceux qui ne l'avaient pas été de $0^{m},022$, soit exactement la moitié.

L'influence de l'éclaircie sur le développement du diamètre a une importance économique considérable, car c'est surtout de leur diamètre que dépend la valeur des bois, ainsi que nous le verrons avec détail au chapitre IV.

Influence de l'éclaircie sur le développement du volume. — L'influence de l'éclaircie sur le développement du volume d'un peuplement peut être extrêmement variable selon son intensité et aussi selon les circonstances. Les essences les plus sensibles à l'éclaircie paraissent être le sapin, le hêtre et l'épicéa dont les massifs ont une tendance naturelle à se constituer à l'état très serré et dont les cimes se développent facilement lorsqu'on leur donne de l'espace. L'effet est aussi plus considérable sur des peuplements d'âge moyen que sur des peuplements âgés.

1. Kraft, *Beiträge, etc.*, 1883, p. 38.

2. L'éclaircie forte allemande n'enlève aucun arbre dominant, mais fait disparaître des sujets dont les cimes pénètrent, en partie au moins, dans la zone occupée par les cimes du peuplement principal, et c'est ainsi qu'elle favorise dans une certaine mesure la végétation de celui-ci.

On a fort peu de données numériques certaines à propos de l'action des éclaircies sur l'évolution du volume des massifs, car ce n'est que depuis un très petit nombre d'années qu'on a commencé à expérimenter méthodiquement cette question. Nous savons seulement que des opérations convenablement faites peuvent faire augmenter de 25 jusqu'à 200 p. 100 et au delà le taux d'accroissement du volume. Nous pouvons donc, en maniant bien l'éclaircie, retarder le moment où l'accroissement du volume des massifs commencera à baisser, ce qui nous permettra de prolonger la durée des révolutions sans rien perdre sur la quantité du rendement en matière des produits principaux. Cette observation, déjà faite par Varenne de Fenille il y a plus d'un siècle, reste la plus intéressante que nous puissions présenter ici.

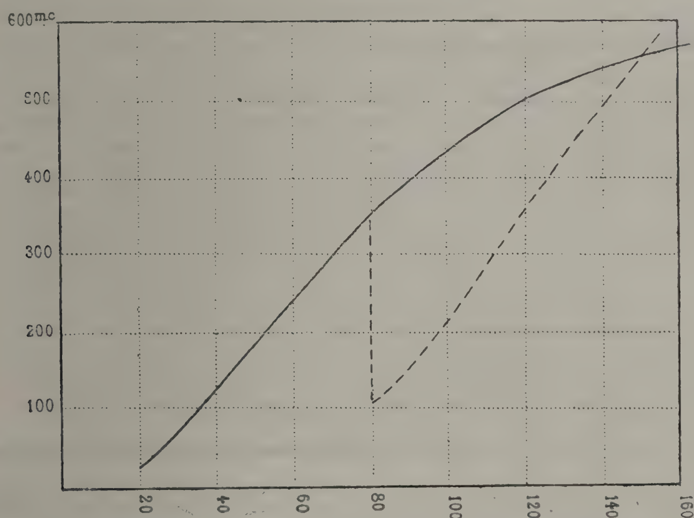


Fig. 101. — Développements comparés du volume dans un peuplement de chêne non éclairci (trait plein), et d'un peuplement dans lequel on a fait à 80 ans une coupe d'isolement ayant enlevé les $^2/_3$ du matériel (trait pointillé), coupe suivie de la création d'un sous-bois artificiel (d'après M. Burkhardt). Conditions de végétation favorables.

La figure n° 101 montre, d'après Burckhardt[1], l'influence d'une très forte éclaircie sur le développement d'un peuplement de chêne dans de bonnes conditions de végétation. On a supposé qu'à l'âge de 80 ans, on a abattu les deux tiers du matériel sur pied, ne laissant que les plus beaux arbres. A la suite d'une pareille opération, on doit créer un sous-bois artificiel pour empêcher la détérioration du sol.

1. *Hilfstafeln,* p. 90 et 91 de la 3e édition.

Malgré l'autorité qui s'attache au nom de Burckhardt qui est, sans contredit, un des forestiers les plus illustres de ce siècle, nous ferons remarquer que l'on ignore sur quelles expériences sont basés les chiffres qu'il a publiés il y a du reste déjà 40 ans.

Le procès-verbal d'aménagement de la forêt de Haguenau, rédigé en 1842[1], renferme quelques observations intéressantes à propos de l'effet des éclaircies sur le taux d'accroissement ; nous les reproduisons de préférence à beaucoup d'autres dont nous disposerions, parce que ces chiffres sont inédits et qu'ils montrent que la question préoccupait les forestiers en France, il y a un demi-siècle déjà.

Influence de l'éclaircie sur le taux d'accroissement du volume des peuplements

D'après le procès-verbal d'aménagement de la forêt de Haguenau, de 1842.

AGES.	CHÊNE.		PIN SYLVESTRE.		HÊTRE.		CHARME.		FRÊNE.		AGES.	AULNE.	
	Massif serré.	Massif éclairci	Massif serré.	Massif éclairci	Massif serré.	Massif éclairci	Massif serré.	Massif éclairci	Massif serré.	Massif éclairci		Massif serré.	Massif éclairci
ans.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	ans.	p. 100.	p. 100.
30 à 40	4.5	9.0	3.0	7.0	4.0	10.0	3.4	8.0	1.3	3.0	20 à 30	2.0	4.0
40 à 50	2.0	7.0	1.5	5.0	2.5	8.0	1.5	5.0	1.3	2.0	30 à 40	1.0	2.0
50 à 60	1.5	5.0	1.0	3.0	1.6	5.0	1.2	3.6	1.2	2.0	40 à 50	0.4	1.4
60 à 80	1.0	3.5	0.4	1.2	0.6	2.0	0.6	2.0	0.4	1.2			
80 à 100	0.35	1.75	0.2	1.00	0.4	2.0	0.4	2.0	0.2	1.0			
100 à 120	»	0.9	»	0.30	»	0.9	»	0.9	»	»			
120 à 140	»	0.65	»	»	»	»	»	»	»	»			
140 à 160	»	0.30	»	»	»	»	»	»	»	»			

Malheureusement, les divers peuplements d'une même essence étudiés par les aménagistes de Haguenau ne paraissent pas toujours exactement comparables entre eux ; mais malgré cela on voit, d'une façon générale, que l'effet de l'éclaircie paraît être le plus considérable au moment du maximum de l'accroissement annuel (vers 60 à 100 ans) et que, dans l'ensemble, les essences, comme le hêtre et même le chêne, qui forment des massifs bien pleins, sont plus sensibles à l'éclaircie que le pin sylvestre, le frêne et l'aulne.

1. Par MM. Talotte, Meynier et Nanquette.

CHAPITRE III

LA PRODUCTION EN MATIÈRE

§ 1. — Les produits intermédiaires.

Les arbres éliminés du peuplement principal, vaincus dans la lutte pour l'espace, ne tardent pas à périr et à disparaître si on ne vient les réaliser ; c'est leur réalisation qui fournit le produit intermédiaire, c'est-à-dire celui qui est recueilli à des époques intermédiaires entre la naissance et l'âge d'exploitation du peuplement principal[1].

Les produits intermédiaires se forment d'une façon continue, mais on ne vient les récolter qu'à des intervalles plus ou moins éloignés suivant l'activité de la végétation. Nous supposerons, dans ce qui va suivre, qu'on fait les coupes intermédiaires à des intervalles réguliers de 10 ans.

Nous savons par le chapitre précédent que le nombre des tiges à récolter en produits intermédiaires est d'abord très grand, puis diminue très rapidement : ainsi un peuplement de pin qui perd 1,500 tiges de 20 à 30 ans n'en perdra plus que 35 de 110 à 120 ans ; mais en revanche le volume moyen des arbres éliminés va constamment en augmentant.

L'observation a montré que le volume des produits intermédiaires éliminés est d'abord faible, va en augmentant jusque vers l'âge de 50 à 80 ans, un peu plus longtemps chez les essences formant des massifs très denses que chez celles qui s'éclaircissent naturellement

1. Nous ne parlons ici, bien entendu, qu'au point de vue économique. Il peut y avoir des raisons culturales de ne pas couper systématiquement les arbres dominés, mais nous n'avons pas à nous en préoccuper ici. Voir, chapitre II, pour la définition du produit intermédiaire.

de bonne heure, puis passe par un maximum après lequel il diminue jusqu'à la fin de la vie du peuplement. Le maximum se produit plus tôt quand les conditions de station sont favorables. Le tableau ci-dessous et les figures 102 et 103 préciseront ce que nous venons de dire. Nous croyons utile de rappeler encore une fois qu'il s'agit de peuplements entièrement abandonnés à l'action de la nature et que c'est cette action seule qui élimine du peuplement les produits intermédiaires que l'homme ne fait que récolter sans agir pour augmenter leur importance.

Produits intermédiaires à différents âges.

AGES.	Dans des peuplements de pin sylvestre. (D'après M. Weise.) Conditions de station			Dans des peuplements d'épicéa. (D'après M. Schwappach.) Conditions de station		
	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.
20 ans.	51 m. cub.	8 m. cub.	5 m. cub.	»	»	»
30 —	56 —	38 —	11 —	34 m. cub.	»	»
40 —	55 —	41 —	13 —	58 —	22 m. cub.	»
50 —	52 —	39 —	14	69 —	30 —	9 m. cub.
60 —	49 —	31 —	12 —	72 —	40 —	14 —
70 —	46 —	29 —	11 —	66 —	48 —	19 —
80 —	44 —	25 —	9 —	59 —	53 —	23 —
90 —	41 —	21 —	4 —	55 —	53 —	26 —
100 —	37 —	19 —	»	48 —	47 —	25 —
110 —	20 —	15 —	»	43 —	40 —	» —
120 —	6 —	6 —	»	41 —	32 —	» —

Si l'on compare le revenu fourni par les produits intermédiaires au revenu principal ou au revenu total, on trouve :

	Rapport du volume du produit intermédiaire à celui du produit principal.	total.
Sapin, d'après M. Schuberg, avec des révolutions de 120 ans	35 à 50 p. 100	26 à 33 p. 100
Pin sylvestre, d'après M. Schwappach, avec des révolutions de 120 ans	51 à 61 —	34 à 38 —
Épicéa, dans des conditions moyennes, d'après le même auteur, et pour la même durée de révolution	43 —	30 —

§ 2. — Production en matière.

Production annuelle et taux de production. — Nous avons déjà fait remarquer (§ 2, chap. II), que l'accroissement annuel du peuplement principal ne représente pas toute la production : il faut de plus y ajouter le volume des bois qui passent dans le peuplement accessoire pendant l'année considérée. La production est donc toujours supérieure à l'accroissement du volume du peuplement principal. Elle suit du reste une marche analogue ; son maximum se produit généralement un peu plus tard, parce que le volume des produits intermédiaires culmine ordinairement plus tard que l'accroissement annuel du volume du produit principal.

Si nous divisons le volume de la production annuelle en matière par le volume du peuplement principal, nous aurons le taux de production à l'âge considéré. Ce taux, naturellement supérieur à celui auquel s'accroît le volume du peuplement principal, suit la même marche dans l'ensemble, comme on pourra en juger par le tableau ci-dessous.

Taux de production annuel ou rapport de la production totale (principale et intermédiaire) annuelle au volume du peuplement au commencement de l'année.

Peuplements d'épicéa (d'après M. Schwappach).

AGES.	CONDITIONS		
	TRÈS FAVORABLES.	MOYENNES.	MAUVAISES.
10 ans. . . .	»	»	»
20 —	6.6 p. 100	6.3 p. 100	8.8 p. 100
30 —	5.2 —	5.2 —	7.3 —
40 —	3.9 —	4.2 —	5.4 —
50 —	2.5 —	3.2 —	4.1 —
60 —	1.7 —	2.5 —	3.3 —
70 —	1.2 —	2.0 —	2.7 —
80 —	1.0 —	1.6 —	2.2 —
90 —	0.9 —	1.3 —	1.8 —
100 —	0.7 —	1.0 —	1.3 —
110 —	0.6 —	0.8 —	»
120 —	0.5 —	0.6 —	»

Production annuelle et moyenne en matière, d'après M. Schwappach.

PRODUCTION.		CLASSE de STATION.	AUX AGES de 10 ans.	de 20 ans.	de 30 ans.	de 40 ans.	de 50 ans.	de 60 ans.	de 70 ans.	de 80 ans.	de 90 ans.	de 100 ans	de 110 ans	de 120 ans	de 130 ans	de 140 ans	OBSERVATIONS.
			m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	Maximum :
Annuelle.	Épicéa	I.	»	14.7	21.6	22.0	20.0	18.0	15.8	13.8	12.2	10.9	9.7	8.6	»	»	à 35 ans, avec 22mc,7.
		III.	»	7.5	10.0	12.4	13.2	13.0	12.0	10.4	9.1	8.0	7.0	6.2	»	»	à 55 ans, avec 13mc,2.
		V.	»	3.0	3.8	5.3	7.0	7.4	7.2	6.5	5.2	4.2	»	»	»	»	à 65 ans, avec 7mc,5.
	Pin sylvestre.	I.	7.0	10.1	12.0	11.2	10.5	9.7	8.6	7.1	5.8	5.0	4.5	4.1	3.9	3.7	à 25 ans, avec 12mc,0,
		III.	4.5	7.4	8.5	7.9	7.5	7.2	6.4	5.4	4.4	3.8	3.1	2.7	»	»	à 25 ans, avec 8mc,8.
		V.	1.7	2.1	3.2	4.7	4.3	3.9	3.4	2.7	2.2	2.0	»	»	»	»	à 40 ans.
Moyenne.	Épicéa	I.	6.6	8.8	12.1	14.8	16.0	16.5	16.6	16.4	16.0	15.5	15.0	14.7	»	»	à 70 ans.
		III.	3.7	5.0	6.0	7.5	8.6	9.4	9.8	10.0	10.0	9.8	9.6	9.4	»	»	à 85 ans.
		V.	1.7	2.2	2.6	3.0	3.7	4.3	4.7	5.0	5.1	5.0	»	»	»	»	à 90 ans.
	Pin sylvestre.	I.	7.0	7.7	9.1	9.8	10.0	10.0	9.9	9.6	9.2	8.9	8.5	8.2	7.8	7.6	à 60 ans.
		III.	3.8	4.7	6.0	6.4	6.8	6.9	6.9	6.8	6.6	6.3	6.0	5.8	»	»	à 70 ans.
		V.	1.4	1.8	1.9	2.5	2.9	3.1	3.2	3.2	3.1	3.0	»	»	»	»	à 80 ans.

Production moyenne et taux moyen de production. — Nous appelons production moyenne ou *rente-matière* pour un âge donné n le quotient de tous les produits intermédiaires et principaux réalisés dans une forêt aménagée à l'âge n par cet âge. Ainsi, si R est le revenu principal réalisé à 80 ans, par exemple, r_{30}, r_{40}, r_{50}, r_{60} et r_{70}, les produits intermédiaires enlevés dans les bois de 30, 40, 50, 60 et 70 ans, la production moyenne ou rente-matière (production en matière totale par hectare ou par an) sera

$$P = \frac{R + r_{30} + r_{40} + \cdots + r_{70}}{80}.$$

C'est le maximum de P qui indiquera le terme de l'exploitabilité absolue de la forêt, c'est-à-dire l'âge auquel correspond le maximum de la production du sol de la forêt en matière.

Si nous faisons le quotient du volume de la production annuelle totale (produits principaux et intermédiaires) d'une série de forêt aménagée par le volume total des bois sur pied dans cette série, nous obtenons le *taux moyen de production* en matière; c'est le rapport du revenu ligneux total en capital ligneux qui l'engendre. Le tableau ci-après donnera une notion suffisante de la variation, avec l'âge, du taux moyen de production.

Taux moyen de production, ou rapport, au volume des bois sur pied dans une série aménagée normale, du volume total de la production (principale et intermédiaire).

AGES D'AMÉNAGEMENT.	SAPIN. (D'après M. Schuberg.) DANS DES CONDITIONS			PIN SYLVESTRE. (D'après M. Weise.) DANS DES CONDITIONS			ÉPICÉA dans l'Allemagne du Sud. (D'après M. Schwappach.) DANS DES CONDITIONS		
	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.	très bonnes.	moyennes.	mauvaises.
ans.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
50	»	»	»	5.9	6.1	5.3	5.12	4.95	5.60
60	»	»	»	4.9	5.1	4.3	4.25	4.33	4.83
70	»	»	»	4.2	4.3	3.6	3.62	3.89	4.27
80	3.60	4.04	4.62	3.6	3.7	3.1	3.15	3.46	3.85
90	3.11	3.51	4.03	3.2	3.3	2.6	2 79	3.10	3.45
100	2.74	3.08	3.60	2.8	2.9	»	2.15	2.80	3.08
110	2.43	2.67	3.24	2.6	2.6	»	1.98	2.55	»
120	2.18	2.44	2.80	2.3	2.3	»	1.83	2.31	»
130	1.93	2.15	2.54	»	»	»	»	»	»
140	1.75	1.91	2.21	»	»	»	»	»	»
150	1.59	1.72	1.96	»	»	»	»	»	»

On voit que le taux moyen de production est au-dessous de 2 p. 100 pour la plupart des essences aux âges d'aménagement généralement adoptés en France; il baisse d'autant plus rapidement que les conditions de végétation sont plus favorables.

§ 3. — Influence des éclaircies sur la production en matière.

Des éclaircies convenablement dirigées peuvent augmenter dans des proportions très sensibles la production du sol en matière. D'après M. Kraft[1], on pourrait, dans une forêt de hêtre, par exemple, enlever en produits intermédiaires, dans des conditions moyennes de végétation, 6^{mc},5 par an de 60 à 110 ans sans diminuer de plus de 20 à 30 p. 100 le revenu principal à 120 ans. En appliquant ces données nous obtenons les résultats suivants :

	FORÊT NON ÉCLAIRCIE. (Produits principaux d'après M. v. Baur, produits intermédiaires d'après M. Danckelmann.)	FORÊT ÉCLAIRCIE.
Produits intermédiaires fournis par les bois de moins de 60 ans	84 mèt. cub.	120 mèt. cub.
Produits intermédiaires des bois de 60 à 110 ans	110 —	325 —
Produit principal à 120 ans	567 —	420 —
	761	865

On voit que dans ces conditions les produits intermédiaires fournissent moitié ou même plus du rendement total en matière.

Il sera intéressant de donner ici le rendement en produits principaux et intermédiaires de quelques forêts françaises traitées en futaie pleine[2].

La forêt domaniale de Bellême (Orne), peuplée sur 2,430 hectares de chêne (0.6) et de hêtre (0.4), est traitée en futaie pleine à la révolution de 200 ans et passe pour une des plus régulières qui soient en France.

1. *Beiträge zur Lehre der Durchforstungen, etc.* Hanovre, 1883.

2. Les renseignements sur les forêts du Doubs ont été communiqués par M. E. Gardot, inspecteur adjoint des forêts à Pontarlier. Ceux relatifs à la forêt de Bousson sont extraits de la *Statistique des forêts de Meurthe-et-Moselle*, qui a figuré à l'Exposition universelle de Paris en 1889.

Voici son rendement en matière de 1867 à 1879 (14 ans) d'après le sommier des exploitations :

Produits principaux . .	$2^{mc},2$	par hectare et par an	ou	49.0	p. 100 du produit total.	
Produits accidentels (chablis, ouverture de routes, etc.)	$0^{mc},2$	—	—	4.4	—	—
Produits intermédiaires.	$2^{mc},1$	—	—	46.6	—	—
	$4^{mc},5$					

De 1880 à 1889 (10 ans), à la suite d'une révision de possibilité, ces chiffres sont devenus (renseignement fourni par M. de Trégomain) :

Produits principaux . .	$2^{mc},01$	par hect. et par an	ou	52.6	p. 100 du produit total.	
Produits intermédiaires.	$1^{mc},79$	—	—	47.4	—	
	$3^{mc},80$					

La forêt domaniale de Ban (Doubs), d'une contenance de 226 hectares, à l'altitude d'environ 800 mètres, est peuplée de sapin (0.9) et d'épicéa (0.1). C'est une forêt autrefois jardinée et maintenant en voie de transformation en futaie pleine avec une révolution de 150 ans. Voici son rendement en matière pendant la 1re période (1861 à 1890) :

				P. 100.		
Produits principaux . .	$5^{mc},36$	par hectare et par an	ou	64	de la production totale.	
Chablis	$1^{mc},34$	—	—	16	—	
Coupes jardinatoires . .	$1^{mc},00$	—	—	12	—	
Éclaircies de futaie . .	$0^{mc},67$	—	—	8	—	
	$8^{mc},37$					

La possibilité a été augmentée de 6 p. 100 lors de la révision en 1890 (par M. Brenot).

La forêt communale de Gilley (Doubs), d'une contenance de 286 hectares, à l'altitude de 1,000 mètres, est peuplée d'épicéa mélangé à un peu de sapin. C'est une forêt autrefois jardinée et maintenant en voie de transformation en futaie pleine traitée à la révolution de 140 ans. Voici sa production pendant la première période de 20 ans :

				P. 100.		
Produits principaux .	$3^{mc},26$	par hectare et par an	ou	45.0	de la production totale.	
Chablis	$1^{mc},27$	—	—	17.5	—	
Coupes jardinatoires .	$1^{mc},70$	—	—	23.5	—	
Éclaircies de futaie .	$1^{mc},02$	—	—	14.0	—	
	$7^{mc},25$					

La première série de la forêt communale de Pontarlier, à l'altitude d'environ 900 mètres, d'une contenance de 232 hectares, peuplée de sapin et aménagée en futaie pleine à 150 ans, a produit pendant la première période de 30 ans (1857 à 1887) :

				P. 100.	
Produits principaux .	4^{mc},48	par hectare	et par an ou	70.0	de la production totale.
Chablis	0^{mc},65	—	—	10.2	—
Éclaircies[1]	1^{mc},27	—	—	19.8	—
	6^{mc},40				

La forêt domaniale de Bousson, en Meurthe-et-Moselle, à l'altitude moyenne de 517 mètres, sur le grès vosgien, d'une étendue de 964 hectares, est peuplée aujourd'hui de sapin à peu près pur, bien que son nom soit un de ceux qui désignent le hêtre en Lorraine[2]. Elle est aménagée à la révolution de 128 ans.

La possibilité des produits principaux est fixée par le procès-verbal d'aménagement à 4^{mc},85 par hectare et par an, et la production totale y a été en moyenne, de 1877 à 1887, de 7^{mc},90 par hectare et par an. Les produits principaux représentent 60.5 p. 100 et les produits intermédiaires 39.5 p. 100 de la production totale.

On peut juger par ces chiffres que l'influence des idées allemandes sur les éclaircies, introduites en France il y a 50 ans, se fait encore sentir dans la gestion des forêts résineuses de la région de l'Est. Faisons remarquer cependant qu'il est nécessaire, dans les sapinières, de compter avec le danger des chablis : de plus, nos forêts résineuses sont d'anciennes forêts jardinées dont les coupes de *régularisation*[3], entreprises depuis 50 ans, ont souvent singulièrement troublé le revenu et enfin, en montagne, on est parfois obligé de négliger le produit intermédiaire qui aurait peu de valeur à cause de la difficulté des transports, de la rareté de la main-d'œuvre et de l'abondance du bois.

En l'absence de données certaines suffisamment complètes pour

1. Depuis quelques années les éclaircies se font beaucoup plus fortes dans cette forêt et produisent de 15 à 50 mètres cubes par hectare tous les 10 ans, soit environ 3^{mc},25 par an et par hectare pour la partie de la forêt soumise aux éclaircies ou encore 2 et jusqu'à 3 mètres cubes par hectare et par an pour toute la forêt.

2. Voir *Les forêts lorraines,* par M. Guyot, page 392.

3. Les aménagements de régularisation des futaies jardinées ont été faits trop souvent, en adoptant des durées de révolution très courtes (au moins dans les Vosges), ce qui a pour effet, dans des forêts généralement riches, d'augmenter l'importance des produits principaux.

nous permettre de comparer la production de forêts éclaircies (système français) à celle de forêts non éclaircies, nous nous contenterons de reproduire ici quelques chiffres méritant confiance.

Dans un peuplement de hêtre de 80 ans croissant dans des conditions moyennes et à l'état très serré, on enleva, en une seule fois, les deux tiers en volume du matériel sur pied. M. Kraft, en rapportant cette expérience (qui eut lieu dans la forêt de Kugelberg, cantonnement d'Uslar, en Prusse), assure que le peuplement restant n'eut pas à souffrir de la brûlure de l'écorce, si fréquente chez les hêtres[1] et ne fut pas retardé dans son développement en hauteur qui resta le même que celui des parcelles voisines. La production du sol se trouva portée, à la suite de la coupe, de $3^{mc},71$ par hectare et par an à $4^{mc},73$, soit une augmentation de près d'un quart. Il ne serait certainement pas prudent de faire des opérations aussi radicales dans tous les cas; les cimes doivent être desserrées progressivement et avec prudence.

Reprenons l'exemple des quatre parcelles chêne et hêtre déjà mentionnées au § 8 du chapitre II. Pendant les 14 années de l'expérience, les parcelles A et C, où l'on n'a enlevé que des bois morts, ont fourni 19 et 35 mètres cubes de produits intermédiaires, tandis que le volume du peuplement principal a augmenté de 68 et 167 mètres cubes. Il y a donc eu, d'une part, pour la parcelle A, peuplée de chêne, 87 mètres cubes de bois produits, et pour la parcelle C, en hêtre, 202 mètres cubes.

Les parcelles B et D, où l'on a coupé, avec les bois morts, les arbres dominés dont la cime était déjà partiellement morte, ont fourni 46 et 108 mètres cubes de produits intermédiaires et le peuplement principal s'est accru de 60 et 106 mètres cubes, ce qui correspond à une production de 106 mètres cubes de bois de chêne et 214 mètres cubes de bois de hêtre en 14 ans.

La production annuelle par hectare est donc de :

$6^{mc},2$ pour le chêne et $14^{mc},5$ pour le hêtre faiblement éclairci,
$7^{mc},6$ — $15^{mc},3$ — fortement éclairci.

1. Voir *Traité des maladies des arbres*, par M. Hartig, page 285 de l'édition française par MM. Gerschell et Henry. Nancy, Berger-Levrault et Cie. 1891.

Si nous comparons la production au capital ligneux sur pied au début de l'expérience, nous voyons que pour le chêne la production a été en 14 ans de :

43 p. 100 du volume initial avec l'éclaircie			faible,
73	—	—	forte.

Pour le hêtre :

112 p. 100 du volume initial avec l'éclaircie			faible,
182	—	—	forte.

chiffres assurément intéressants, mais qui le seraient bien davantage si l'éclaircie forte, au lieu de ne toucher qu'à des arbres

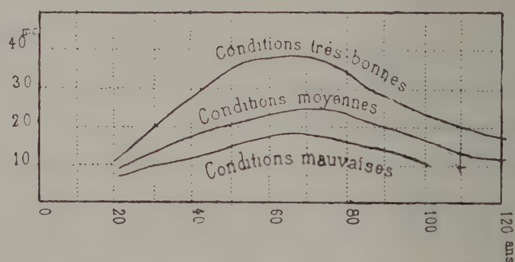


Fig. 102. — Volume des produits intermédiaires à différents âges dans des peuplements de hêtre (d'après M. Danckelmann).

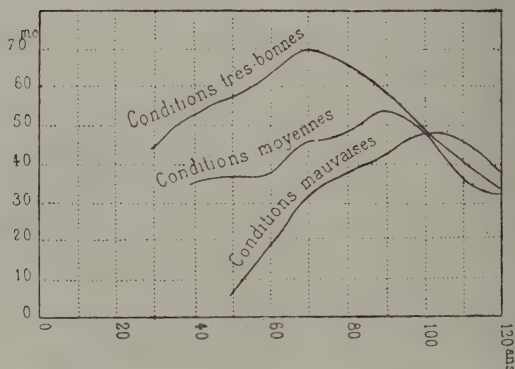


Fig. 103. — Volume des produits intermédiaires à différents âges dans des peuplements de sapin (d'après M. Schuberg).

déjà déformés et en partie morts, avait attaqué le peuplement principal.

Enfin nous citerons les résultats suivants d'expériences instituées en 1877 par le canton d'Argovie (Suisse) et poursuivies depuis 1888 par la station centrale de recherches forestières suisse[1].

Un peuplement de hêtre, âgé de 22 ans, avait un accroissement moyen de 3^{mc},5 à cet âge. On y fit une éclaircie qui enleva le quart du volume. L'accroissement annuel s'éleva à 19^{mc},7 la 1re année; 10^{mc},5 la 2e; 8^{mc},14 la 3e, et 9^{mc},44 la 4e année après l'éclaircie, de sorte que le volume enlevé par la 1re éclaircie fut reformé en moins de deux ans. Une nouvelle éclaircie, faite après la 4e année, enleva 35 mètres cubes ou un peu plus du quart du volume; elle eut pour effet de faire remonter à 18^{mc},4; 12^{mc},7; 12^{mc},8 les accroissements annuels pendant les 3 années qui suivirent.

Dans un peuplement de 65 ans dont l'accroissement moyen était de 4 mètres cubes, l'éclaircie fit monter l'accroissement annuel à 13^{mc},3, etc.

La figure n° 104 donnera une idée vraisemblable du développement comparé du volume de deux peuplements d'épicéa croissant dans de bonnes conditions et dont l'un est éclairci tandis que l'autre ne l'est pas.

Influence de l'éclaircie sur le taux de production. — Le résultat le plus remarquable que puissent donner des éclaircies bien dirigées est de fournir, *avec un capital producteur moindre,* un revenu supérieur en quantité à celui qu'on obtiendrait sans elles. On peut en effet admettre avec certitude qu'une éclaircie enlevant tous les 10 ans de 10 à 30 p. 100 du volume des peuplements[2] n'entraînera pas, dans les conditions habituelles, de diminution dans la production du sol; elle aura seulement pour effet d'augmenter l'importance relative du produit intermédiaire qui deviendra égal ou supérieur au produit principal. Un revenu en matière égal, souvent même plus grand, aura donc été obtenu avec un capital générateur notablement plus faible et le taux moyen de l'accroissement sera augmenté.

---

1. *Der Zuwachsgang in Fichten-und Buchen-Beständen,* von J. Riniker, Oberförster des Kantons Aargau. Davos, 1887.

2. Cette proportion varie suivant l'âge, l'essence et la densité des massifs.

Nous donnions un peu plus haut comme exemple une forêt de hêtre aménagée à 120 ans ; non éclaircie elle produisait :

190 mètres cubes de produits intermédiaires,
570 — — principaux,

760 mètres cubes,

avec un capital ligneux générateur qui, d'après les tables de M. v. Baur, serait de 30,900 mètres cubes, le taux moyen de production est donc $\frac{760}{30,900} = 2.45$ p. 100.

Éclaircie, elle donnerait :

445 mètres cubes de produits intermédiaires,
420 — — principaux,

En tout. . 865 mètres cubes,

avec un capital qui sera, par exemple, de 25,000 mètres cubes seulement (en le supposant réduit de 20 p. 100 environ), le taux moyen de production devient $\frac{865}{25,000} = 3.46$ p. 100.

De même, une forêt d'épicéa, aménagée à 120 ans, fournirait, non éclaircie, avec un capital de 70,500 mètres cubes :

1,015 mètres cubes de produit principal,
460 — — intermédiaire,

1,475 mètres cubes (d'après M. Schwappach),

ce qui correspond à un taux moyen de 2.08 p. 100, tandis que cette même forêt, éclaircie, fournirait avec un capital de 60,600 mètres cubes :

720 mètres cubes de produits principaux,
780 — — intermédiaires,

1,500 mètres cubes,

ce qui correspond à un taux moyen de 2.37 p. 100.

Ces chiffres, que nous avons eu soin de prendre très modérés eu égard aux données que l'on possède, sont les plus propres du monde à éclairer l'influence des éclaircies sur le rendement en matière

d'une futaie pleine aménagée. On a dit avec raison qu'aucune autre question ne pouvait intéresser davantage les forestiers que celle des éclaircies. Il faut regretter que ce chapitre de la science forestière en soit encore à peu près au point où l'a laissé Varenne de Fenille il y a un siècle et souhaiter que les travaux des stations de recherches se portent de plus en plus sur ce point capital de la science forestière.

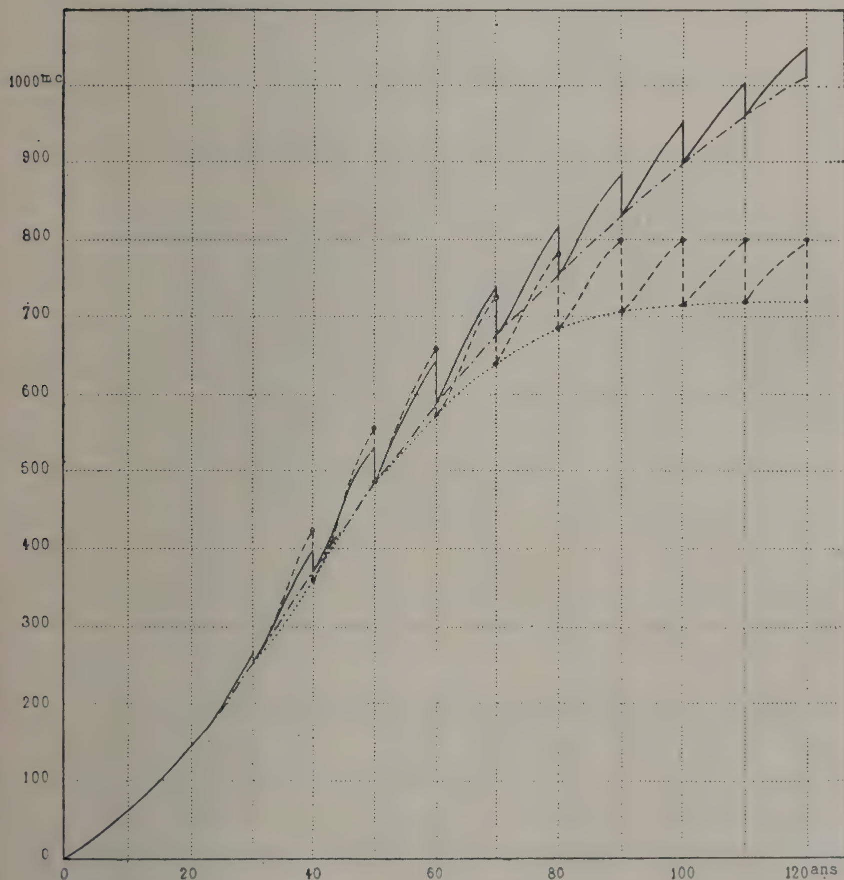


Fig. 104. — Développement comparé d'un peuplement d'épicéa éclairci ou non éclairci.

On a supposé que de 50 à 80 ans l'éclaircie provoquait une augmentation du taux d'accroissement du volume de 100 p. 100; de 80 à 100 ans, de 50 p. 100, et de 100 à 120 ans, de 30 p. 100.

Forêt non éclaircie (d'après M. Schwappach). { ———— Volume total. / .—.—.— Volume du peuplement principal.

Forêt éclaircie (tracé probable) . . . . { •— —• Volume total. / .... Volume du peuplement principal.

(Conditions de végétation favorables.)

IIe PARTIE

LA FORMATION DE LA VALEUR

§ 1. — Généralités.

L'augmentation, avec le temps, de la valeur d'un arbre ou d'un peuplement sur pied tient à deux causes qui s'ajoutent :

1° Avec le temps le volume augmente ;

2° A mesure que l'arbre ou le peuplement vieillit, le prix de son unité de volume augmente.

Dans les chapitres précédents nous avons parlé de la croissance du volume avec le temps.

Il nous reste, dans ce chapitre, à examiner comment varie, avec l'âge d'un arbre ou d'un peuplement, la valeur de l'unité de son volume.

L'augmentation de la valeur de l'unité de volume dans un arbre ou un peuplement sur pied tient à deux causes qu'il importe de distinguer :

1° Avec le temps le diamètre de toutes les parties de l'arbre va en augmentant d'une façon continuelle. L'augmentation du diamètre entraîne celle du prix de l'unité de volume ;

2° Avec le temps la proportion, au volume total, des marchandises de fort diamètre, qui sont les plus précieuses, va constamment en augmentant.

L'augmentation de la valeur du mètre cube avec le diamètre des pièces dépend de causes du domaine technologique, elle comporte des restrictions et des exceptions tenant au fait de l'homme : à l'état des marchés et au débouché des produits.

L'augmentation du volume relatif des catégories de marchandises

les plus précieuses tient à des causes naturelles qui ne dépendent ni de l'état du marché des bois ni de l'utilisation plus ou moins facile des produits de la forêt.

§ 2. — Augmentation du prix du mètre cube avec l'âge ou le diamètre.

Certaines marchandises, comme, par exemple, les métaux précieux, or ou argent, ont une valeur indépendante de la dimension des échantillons sous lesquels ils se présentent. Un kilogramme d'or a la même valeur qu'il soit formé par un, deux ou plusieurs lingots ; de même une barre d'argent de 500 grammes ne vaut ni plus ni moins que deux barres de 250 ou cinq barres de 100 grammes. S'il en était de même pour la matière ligneuse, la valeur des bois sur pied évoluerait exactement comme leur volume. En fait, les choses se passent bien différemment.

La valeur d'une pièce de bois ne dépend pas seulement de son volume. Le prix du mètre cube d'une même essence varie avec la dimension des pièces. C'est ainsi que deux grumes de chêne cubant chacune 4 mètres cubes auront ensemble, toutes choses égales d'ailleurs, une valeur moindre qu'une seule pièce de 8 mètres cubes. La longueur et le diamètre des échantillons entrent comme facteurs dans cette plus-value ; mais c'est surtout avec le diamètre que le prix du mètre cube augmente.

Nous n'avons pas à en détailler les raisons qui sont du ressort de la technologie forestière. Nous n'avons qu'à présenter ici les faits tels qu'ils résultent de l'état actuel du marché des bois.

Tous les bois *sur pied, en forêt* (nous considérons toujours les valeurs nettes, c'est-à-dire celles des bois dans l'arbre), ont une valeur minime ou même nulle lorsqu'ils se présentent sous des diamètres trop faibles pour qu'on puisse les empiler comme rondins. La limite à partir de laquelle le bois sur pied commence à prendre de la valeur est souvent de deux décimètres de tour [1] ; c'est cette dimension qui a été adoptée par les stations de recherches forestières de tous

1. C'est le chiffre inscrit dans le Code forestier français de 1827, articles 192-194.

les pays pour distinguer les *menus bois* ou *ramiers*[1] du *bois fort*[2] ayant plus de deux décimètres de tour.

Ce dernier se divise en deux catégories : le bois de feu et le bois d'œuvre. Il est impossible d'établir une démarcation précise entre les bois de feu et les bois d'œuvre : dans certains pays on emploie au chauffage les plus beaux hêtres, tandis que dans d'autres on convertit en traverses pour tramways ou en copeaux à tanin jusqu'aux ramifications des cimes des chênes et en paille de bois jusqu'aux ramilles des sapins. Nous supposerons toujours que, dans un arbre ou un peuplement, on débite en bois d'œuvre tout ce qui, étant donnés les usages locaux, peut en fournir et qu'on n'emploie comme bois de feu que les morceaux de trop petite dimension ou de trop mauvaise qualité pour pouvoir être autrement utilisés.

D'une façon très générale, on peut dire que la valeur des bois à l'unité de volume augmente constamment avec leur diamètre. Cela est surtout vrai dans les forêts bien dotées en voies de vidange et dans les régions bien outillées en instruments de débit. Dans ces conditions on voit souvent la valeur d'un mètre cube de bois croître proportionnellement au diamètre et même plus rapidement encore lorsqu'il s'agit de pièces de très fort calibre. C'est ainsi qu'une pièce de chêne de $0^m,80$ de diamètre pourra valoir 64 fr. le mètre cube ; une autre de $1^m,20$, 110 fr. le mètre cube, et une autre encore de $1^m,50$, 180 fr. ou davantage[3]. Il faut cependant reconnaître que cette loi générale de l'augmentation du prix avec le diamètre comporte des restrictions et des exceptions.

Restriction à l'augmentation du prix du mètre cube avec le diamètre. — Nous avons déjà fait remarquer qu'il peut arriver que le débit ou le transport des gros bois soit trop difficile dans une région pour que les très fortes pièces y soient recherchées ; c'est là un fait accidentel tenant à des causes qui peuvent disparaître et

1. En allemand *Reisholz*.
2. En allemand *Derbholz*.
3. Malgré la dépréciation momentanée du chêne, on paie encore actuellement (1892) jusqu'à 110 fr. le mètre cube grume, de $0^m,90$ à 1 mètre de diamètre, dans plusieurs forêts d'Alsace.

dont nous ne nous occuperons pas, mais il y a une restriction d'un ordre plus général à faire.

Les essences à bois très précieux ; celles qu'on a un grand bénéfice à débiter sur maille ou, d'une façon générale, à débiter suivant des modes donnant beaucoup de déchet ; celles dont les débits et les emplois sont très variés, qui ont de l'aubier et une écorce épaisse, ont des prix croissant indéfiniment avec le diamètre, sans aucune limite. Tels sont, en toute première ligne, le chêne, et, dans une moindre mesure, l'orme champêtre, le pin sylvestre, le mélèze, etc.

Les bois de peu de valeur, qui, de plus, n'ont pas d'aubier et ne fournissent qu'un petit nombre de catégories de marchandises quelle que soit leur dimension [1], peuvent présenter une limite à partir de laquelle la valeur du mètre cube cesse de croître avec le diamètre. Tels sont le hêtre, le sapin, l'épicéa, etc.

Des relevés du prix de vente des bois d'épicéa effectués dans quatre inspections forestières de Saxe en 1887 et 1888 ont montré que la valeur du mètre cube avait augmenté avec le diamètre jusque vers 40 centimètres de diamètre *au milieu des pièces*. A partir de cette limite, le prix était resté constant ou avait même légèrement diminué [2].

M. R. Hartig a publié une statistique détaillée du prix de vente des résineux dans le Brunswick, de 1861 à 1865, dont voici quelques résultats. Ils s'appliquent à des tronces de sciage de 4 mètres de longueur *minima*, dont *les diamètres sont mesurés au milieu des pièces*. En regard nous avons porté les prix adoptés en 1888, par M. P. Cardot [3], dans la montagne du Jura, pour l'estimation d'une forêt de sapins. Il s'agit, dans ce dernier cas, *de diamètres mesurés à hauteur d'homme*.

---

1. C'est ainsi que dans certaines régions tous les sapins, les plus gros comme les autres, sont encore invariablement débités en planches ne dépassant jamais $0^m,25$ de large, 4 mètres de long et $0^m,025$ d'épaisseur.

2. Ces relevés sont faciles en Allemagne où les agents forestiers vendent les bois d'œuvre en forêt au détail ou du moins en très petits lots de grumes abattues et découpées de longueur.

3. C'est à l'obligeance de M. E. Cardot que nous devons communication de ces chiffres, qui sont une moyenne d'une vingtaine d'estimations faites par son père, M. P. Cardot, dont tous les forestiers français connaissent la compétence toute particulière en ces matières.

DIAMÈTRES mesurés au milieu de la longueur.	PRIX du mètre cube d'après M. Hartig.	DIAMÈTRES mesurés à 1m,30 du gros bout.	PRIX du mètre cube d'après M. Ph. Cardot
—	fr. c.	—	fr. c.
20 à 24 centimètres	18.30	10 centimètres	6.80
25 à 29 —	23.10	15 —	7.80
30 à 39 —	32.00	20 —	8.80
40 à 45 —	30.20	25 —	9.60
46 à 54 —	27.20	30 —	10.50
55 à 59 —	25.00	35 —	11.40
60 à 69 —	22.30	40 —	12.25
70 centimètres et au delà	23.75	45 —	13.10
		50 —	14.22
		55 —	15.00
		60 —	16.35
		65 —	17.40
		70 —	18.20
		75 —	18.20
		80 —	18.20
		90 —	19.00
		100 centimètres et au delà	20.00

On voit par ces chiffres que dans le Jura, où les gros bois sont recherchés, la valeur croît un peu plus longtemps avec le diamètre (jusque vers 70 centimètres au gros bout ou environ 50 à 55 centimètres au milieu) que dans la région étudiée par M. Hartig. Dans les deux exemples cités on observe de plus que les pièces de dimensions exceptionnelles (90 centimètres au gros bout ou environ 65 à 70 au milieu) présentent une plus-value notable sur celles de dimensions inférieures.

Dans une partie de l'Allemagne, et notamment en Prusse, les bois d'œuvre sont classés non pas d'après leur diamètre, mais d'après leur volume. Nous donnons ici les prix du mètre cube de pin sylvestre ainsi classé dans la forêt de Görlitz (Silésie) pendant les années 1879-1884 d'après M. Täger[1].

		fr. c.
Grumes de 0mc,30	prix du mètre cube	8.65
— de 0mc,60	—	11.95
— de 1mc,00	—	16.70
— de 1mc,50	—	19.00
— de 2mc,00	—	24.00
— de 2mc,50	—	31.25
— de 3mc,10	—	37.50
— de 3mc,90	—	41.25

1. Nous empruntons cette citation, ainsi que plusieurs autres, au *Traité d'aménagement* de M. Weber.

Voici enfin, d'après M. Ney, les prix moyens du chêne en 1890 dans la forêt de Haguenau (Alsace) :

			fr. c.
Grumes	de $0^{mc},40$	prix du mètre cube.	10.45
—	de $0^{mc},61$	—	13.00
—	de $0^{mc},92$	—	15.85
—	de $1^{mc},23$	—	17.70
—	de $1^{mc},73$	—	18.75
—	de $2^{mc},24$	—	20.85
—	de $3^{mc},41$	—	28.05

Exceptions à l'augmentation du prix avec le diamètre. — La loi de l'augmentation du prix du mètre cube avec le diamètre comporte aussi des exceptions. La valeur du bois peut passer par un maximum tenant à des utilisations spéciales. Citons le cas de perches de sapin ou d'épicéa de 7 à 12 centimètres de diamètre à hauteur d'homme et de 8 à 12 mètres environ de longueur qui sont très recherchées, dans certaines régions, pour faire des perches à houblon qui valent jusqu'à 125 fr. le cent dans les pays de houblonnières. Le prix de ces bois peut atteindre dans ces conditions 12 à 14 fr. le mètre cube en forêt, tandis que des bois un peu plus forts ne donnent plus que de la menue charpente dont le prix est moitié moindre. De même, il peut arriver que les pins sylvestres propres à fournir des étais de mine aient plus de valeur, au voisinage des houillères, que ceux d'un diamètre un peu plus fort. Cependant, même dans ce cas, la relation générale entre la croissance du diamètre et de la valeur n'est pas altérée ; celle-ci recommence à croître avec le diamètre après avoir passé par un maximum dont l'effet ne se fait sentir que peu d'années.

§ 3. — Répartition naturelle du volume entre les différentes parties des arbres. — Coefficients d'empilage des stations de recherches.

On peut distinguer dans un arbre le fût, la cime ou houppier, l'écorce et enfin la souche[1]. Il existe entre toutes ces parties de l'arbre des relations de volume sur lesquelles nous allons donner quelques renseignements.

1. Dans tout ce qui précède et suit ce paragraphe, il n'est jamais tenu compte du volume ou de la valeur des souches et racines.

Volume de la cime. — Le rapport du volume de la cime au volume total est extrêmement variable suivant les conditions dans lesquelles les arbres se sont développés. Pressler a établi ce rapport pour différentes essences en fonction de la relation entre la hauteur du fût (partie dénudée de la tige) et la hauteur totale des arbres[1].

Volume de bois de houppier pour 1 mètre cube de tige.

RAPPORT de la HAUTEUR DU FÛT à la hauteur totale.	ÉPICÉAS et SAPINS (Y compris les aiguilles.)	PINS SYLVESTRES. (Y compris les aiguilles.)	HÊTRE. (Sans les feuilles.)	BOULEAU. (Sans les feuilles.)
	mètr. cub.	mètr. cub.	mètr. cub.	mètr. cub.
0.9.	0.05	0.05	0.06	0.05
0.8.	0.09	0.11	0.11	0.06
0.7.	0.14	0.19	0.17	0.10
0.6.	0.20	0.29	0.24	0.16
0.5.	0.27	0.41	0.32	0.24
0.4.	0.35	0.55	0.42	»
0.3.	0.45	»	0.55	»
0.2.	0.56	»	0.71	»

En publiant ces chiffres, Pressler fait observer qu'ils s'appliquent à des bois d'âge moyen ; pour des arbres très jeunes, le volume relatif des branches serait plus grand et pour des arbres âgés il serait vraisemblablement plus faible. On suppose de plus qu'il s'agit d'arbres à cimes complètes et bien développées.

D'une façon générale, d'après Pressler, la cime a comme volume 60, 30 ou 15 p. 100 du volume de la tige suivant que la partie dénudée de cette tige a comme hauteur le quart, la moitié ou les trois quarts de la hauteur de l'arbre.

En négligeant les brindilles de moins d'un centimètre de diamètre, M. v. Guttenberg a obtenu, en Autriche, les résultats suivants : Chez des épicéas exploitables, ayant crû en massif bien plein, le volume des branches est de 2.5 à 4 p. 100 de celui des tiges. Pour des arbres dominants ou ayant crû à l'état de massif un peu clair, ce rapport s'élève à 4 et 6 p. 100 et pour des arbres très branchus des hautes régions des Alpes, il est de 6 à 12 p. 100. Des hêtres exploitables formant massif complet ont, en branches, 5 à 15 p. 100 du volume des tiges et la moyenne pour le peuplement est de 10 à 12 p. 100. Dans des

1. *Gesetz der Stammbildung*, p. 113.

massifs clairs, ce rapport est de 10 à 25 p. 100 pour les arbres et de 15 à 18 p. 100 pour les peuplements.

M. Kunze a repris le procédé de Pressler et a trouvé comme moyenne d'un grand nombre d'expériences :

Rapport du volume des branches à celui du fût chez des hêtres.
D'après M. Kunze

ARBRES.	RAPPORT DE LA HAUTEUR DE FÛT A LA HAUTEUR TOTALE.							
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
De 21 à 40 ans	»	11.3	17.5	23.0	27.5	33.7	107.0	»
De 41 à 60 ans	18.0	12.9	14.7	18.4	22.1	25.7	35.8	49.0
De 61 à 80 ans	4.0	9.9	14.8	16.4	19.3	25.8	35.0	»
De 81 à 100 ans	»	»	11.5	16.2	20.4	27.0	»	»
De 101 à 120 ans	2.0	8.0	9.0	15.1	18.9	22.0	»	»
De 121 ans et au delà	»	8.8	12.0	14.6	21.7	28.0	»	»
Moyenne générale	10.5	10.5	14.9	18.2	22.2	28.0	42.7	49.0
Nombre d'arbres cubés	4	87	360	583	369	122	10	1

Volume de la cime, y compris les aiguilles, pour 1 mètre cube de bois de tige.

Dans des arbres où le rapport de la hauteur de fût à la hauteur totale est	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
Chez l'épicéa	0mc,30	0mc,25	0mc,18	0mc,14	0mc,09
Chez le pin sylvestre	0mc,41	0mc,32	0mc,25	»	»

Enfin M. Robert Hartig a fait des mesurages sur un grand nombre d'arbres dont voici quelques résultats. Ils s'appliquent à des peuplements de hêtre ayant crû dans des conditions favorables dans la région du Harz et donnent le rapport du volume des cimes au volume total des peuplements.

AGES.	PROPORTION du volume des cimes.	AGES.	PROPORTION du volume des cimes.
20 ans	34 p. 100	60 ans	21 p. 100
30 —	27 —	70 —	19 —
40 —	25 —	80 —	17 —
50 —	23 —	90 —	16 —

Les dernières publications des stations de recherches forestières renferment des données très complètes sur la répartition entre les branches et la tige du volume des arbres. En voici un exemple pour l'épicéa, d'après M. Schwappach.

Rapport du volume des branches au volume total de l'arbre chez des pins sylvestres de l'Allemagne du Sud.

HAUTEUR TOTALE.	DIAMÈTRES EN CENTIMÈTRES A 1m,30 DU SOL. BOIS de 21 à 40 ans.			BOIS de 41 à 80 ans.							BOIS de plus de 80 ans.							
	6 à 10.	11 à 15.	16 à 20.	6 à 10.	11 à 15.	16 à 20.	21 à 25.	26 à 30.	31 à 35.	36 à 40.	21 à 25.	26 à 30.	31 à 35.	36 à 40.	41 à 45.	46 à 50.	51 à 55.	56 à 60.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
6 mètres.	27	28	»	31	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8 —	16	24	31	21	27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10 —	11	19	25	29	23	25	28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
12 —	7	15	19	14	18	21	23	25	26	»	»	»	»	»	»	»	»	»
14 —	4	11	15	11	14	16	19	20	22	»	7	»	»	»	»	»	»	»
16 —	»	9	12	7	11	13	15	17	17	»	6	11	»	»	»	»	»	»
18 —	»	6	10	»	8	10	12	13	15	18	6	10	13	14	»	»	»	»
20 —	»	»	»	»	6	7	11	12	13	16	6	8	10	12	14	16	»	»
22 —	»	»	»	»	»	»	9	10	11	14	5	7	9	11	13	14	»	»
24 —	»	»	»	»	»	»	7	9	10	12	5	6	8	10	11	14	16	»
26 —	»	»	»	»	»	»	7	8	9	11	5	6	7	9	11	12	15	17
28 —	»	»	»	»	»	»	»	7	8	10	5	5	7	7	9	11	13	16
30 —	»	»	»	»	»	»	»	»	8	9	»	5	6	7	8	10	12	14
32 —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	6	6	7	8	10	12
34 —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	5	5	6	7	9	11
36 —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	5	7	9
38 —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	4	5	7
40 —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	6

Voici maintenant des chiffres analogues pour le sapin. Nous les avons calculés d'après les tarifs et coefficients de forme du sapin publiés, en 1891, par M. Schuberg.

Rapport du volume des branches au volume total de l'arbre chez des sapins.

D'après M. Schuberg.

HAUTEURS TOTALES.	DIAMÈTRES MESURÉS A 1m,30 DU SOL, SUR L'ÉCORCE EN CENTIMÈTRES.										
	1 à 6.	7 à 12.	13 à 18.	19 à 24.	25 à 30.	31 à 36.	37 à 42.	43 à 48.	49 à 54.	55 à 60.	61 à 66.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
6 à 8 mèt.	25	27	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9 à 12 —	16	21	27	»	»	»	»	»	»	»	»
13 à 16 —	»	14	17	20.5	»	»	»	»	»	»	»
17 à 20 —	»	»	13	16.0	18	17.5	»	»	»	»	»
21 à 24 —	»	»	8	12.0	11	16.0	15.0	»	»	»	»
25 à 30 —	»	»	»	8.5	10	12.0	12.5	14.0	12.5	»	»
31 à 37 —	»	»	»	»	»	8.5	8.0	8.5	10.0	12.0	10.5

Les chiffres ci-dessus sont des moyennes pour toutes les classes d'âges. Dans le tableau qui suit nous avons calculé, d'après M. Schuberg, les mêmes rapports en séparant les bois d'âge moyen (81 à 120 ans), des vieux bois (120 ans et au delà).

HAUTEURS TOTALES.	DIAMÈTRES MESURÉS A 1^m,30 DU SOL, SUR L'ÉCORCE EN CENTIMÈTRES.											
	19 à 24.		25 à 30.		31 à 36.		37 à 42.		43 à 48.		49 à 54.	
	Age moyen.	Vieux bois.	Age moyen.	Vieux bois.	Age moyen.	Vieux bois.	Age moyen.	Vieux bois.	Age moyen.	Vieux bois.	Age moyen.	Vieux bois.
mètr.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
11 à 15	21		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
16 à 20	15.0	17.0	16.0	15	»	»	»	»	»	»	»	»
21 à 25	11.5	10.5	13.0	12	15.0	14.0	15	13.5	»	»	»	»
26 à 30	»	»	10.5	9	13.0	10.5	13	11.5	15.5	13	»	»
31 à 35	»	»	»	»	10.5	9.0	10	?[1]	13.0	9	13	11.5

On voit, par ce tableau, que, à hauteurs et diamètres égaux, les vieux arbres ont relativement moins de branches que les arbres plus jeunes, ce qui tient sans doute à ce que la décroissance de leur fût est moins rapide. Le volume relatif des branches diminue aussi, pour des arbres de même diamètre, lorsque la hauteur augmente et il paraît croître, en général, avec le diamètre, pour des hauteurs égales.

Enfin les chiffres ci-dessous donneront une idée de l'influence de l'état de massif serré sur le volume relatif des branches.

Rapport du volume des branches au volume total de l'arbre[2].

Sapins de 0^m,16 à 0^m,30 de diamètre et de 21 à 24 mètres de hauteur,	en massif serré.	11	p. 100.
— — — — — — —	bien dégagés. .	13	—
Sapins de 0^m,21 à 0^m,30 — 25 à 28 — —	en massif serré.	11	—
— — — — — — —	bien dégagés. .	14	—
Sapins de 0^m,31 à 0^m,45 — 25 à 28 — —	en massif serré.	12	—
— — — — — — —	bien dégagés. .	14	—
Sapins de 0^m,31 à 0^m,50 — 29 à 30 — —	en massif serré.	9.5	—
— — — — — — —	bien dégagés . .	12.5	—
Moyenne générale pour des arbres de plus de 120 ans,	en massif serré.	14	—
— —	bien dégagés . .	16	—

1. Le chiffre calculé d'après les données des tableaux pages 67 et 69 du livre de M. Schuberg (*Formzahlen, etc.*), serait de 2 p. 100, ce qui provient évidemment d'une erreur de copie ou d'impression.

2. Chiffres calculés d'après un tableau, page 71 du livre de M. Schuberg (*Massentafeln, etc.*).

En France on a toujours eu l'habitude de cuber directement, avec des tarifs, le tronc des arbres (la partie propre à fournir du bois d'œuvre) et de déterminer le volume de la cime en fonction de cette partie. C'est ainsi qu'en Lorraine on admet généralement qu'un chêne de taillis sous futaie donne, pour un mètre cube de bois d'œuvre (de $0^m,25$ de diamètre minimum), $0^{mc},50$ de bois de chauffage de $0^m,07$ de diamètre et au-dessus (un stère cimeaux), et $0^m,08$ à $0^m,10$ de menu bois (bourrées ou bois de $0^m,06$ de diamètre et au-dessous). On aurait donc, en tant p. 100 du volume total : bois fort environ 94 p. 100; menu bois 6 p. 100; bois d'œuvre 63 p. 100; bois de feu 37 p. 100. Les charmes, érables et fruitiers, réserves de taillis sous futaie, sont estimés à raison de 2/3 ou 67 p. 100 du volume en bois de $0^m,13$ de diamètre et au delà et 33 p. 100 en bois de $0^m,12$ et au-dessous.

Dans la forêt domaniale de Lyons-la-Forêt, traitée en futaie pleine, les chênes exploitables ont 70 p. 100 de leur volume en bois d'œuvre, 24 p. 100 en bois de rondins et 6 p. 100 en menu bois (bourrées). Chez le hêtre ces chiffres sont 57 p. 100 de bois d'œuvre, 33 p. 100 rondins et 10 p. 100 menu bois.

Dans la forêt de Bellême, traitée en futaie pleine, on a trouvé que le volume des cimes des chênes et hêtres formait de 7 à 20 p. 100 du volume total des arbres suivant l'état plus ou moins serré des peuplements; dans ce volume des cimes les 6/10 sont du bois fort et 4/10 du menu bois, ce qui ferait 3 à 8 p. 100 du volume total en menu bois.

Dans les Vosges on estime que les cimes des sapins (bois de moins de $0^m,15$ de diamètre) forment 15 à 20 p. 100 du volume total. Dans le Jura les chiffres les plus répandus sont de 9 et 10 p. 100.

Toutes ces données ne s'appliquent, bien entendu, qu'à des bois âgés, les seuls que l'on ait occasion de cuber en France, étant données nos méthodes d'aménagement.

Coefficients d'empilage des bois de feu. — Les stations de recherches forestières allemandes se sont livrées à des travaux en vue de déterminer les volumes réels des bois empilés en stères. En voici les résultats. Tous les bois empilés sont débités à 1 mètre de longueur.

Tableau.

I. — Bois de plus de 0m,20 de tour.

Quartiers de bois d'œuvre[1].		Nombre de pièces au stère.	Volume. m. cub.
Bois de dimensions moyennes.	Feuillus.	35	0.71
	Résineux.		0.77
Bois de fortes dimensions.	Feuillus.	25	0.80
	Résineux.	27	0.80
Quartiers de bois de feu.			
Bois droits et lisses.	Feuillus.	44	0.72
		28	0.76
	Résineux.	47	0.72
		31	0.75
Bois courbes et noueux.	Feuillus.	44	0.65
		28	0.67
	Résineux.	43	0.68
		28	0.71

Rondins de bois de feu.		Nombre de pièces au stère.	Volume. m. cub.
Bois droits et lisses.	Feuillus.	107	0.63
		57	0.70
	Résineux.	114	0.67
		65	0.73
Bois courbes et noueux.	Feuillus.	95	0.57
		53	0.64
	Résineux.	100	0.67
		55	0.64

1. En Allemagne on vend généralement les bois d'œuvre en forêt au détail, sous forme de grumes tronçonnées. Chaque pièce porte, en forêt, gravée sur sa section, un numéro d'ordre et l'indication de sa longueur et de son diamètre moyen. Un état détaillé des numéros, dimensions et volumes de toutes les pièces à vendre est fourni (moyennant rétribution spéciale) aux marchands de bois qui en font la demande. Bien que les bois soient vendus sans garantie de qualité, on met le plus grand soin à indiquer par un signe particulier, sur les affiches, les pièces laissées en grume qui sont de qualité douteuse. Les bois gâtés, comme les vieux chênes creusés par les larves de capricorne, sont débités en « bois d'œuvre quartier » : ce sont des fragments de tiges de 1 mètre de longueur et de fort diamètre fendus en plusieurs quartiers dont on a détaché les parties gâtées.

II. — Bois de moins de 0m,20 de tour.

Bois empilé.			Volume du stère. m. cub
Bois de 1 mètre de longueur.	Bois de tiges.	Feuillus.	0.53
		Résineux.	0.60
	Bois de branches.	Feuillus.	0.45
		Résineux.	0.48
Ramiers empilés sur toute la longueur.	Bois de tiges.	Feuillus.	0.35
		Résineux.	0.52
	Bois de branches.	Feuillus.	0.16
		Résineux.	0.16

Bois façonné en fagots.				Volume du cent. m. cub.
Fagots de 1 mèt. de long et 1 mèt. de tour.	Fagots de rondins.	Bois de tiges.	Feuillus.	3.75
			Résineux.	3.46
		Bois de branches.	Feuillus.	2.53
			Résineux.	2.17
	Bourrées.	Bois de tiges.	Feuillus[1].	2.85
			Résineux[1].	3.04
		Bois de branches.	Feuillus.	1.64
			Résineux.	2.05
Ramiers en faisceaux de 1 mètre de tour, mais de toute leur longueur.		Bois de tiges.	Feuillus.	2.73
			Résineux.	2.74
		Bois de branches.	Feuillus.	1.90
			Résineux.	1.87

1. M. von Baur trouve ces chiffres exagérés. D'après lui ils seraient de 2.20 environ.

III. — Bois de souche.

		VOLUME du stère.
		m. cub.
Fortes souches, avec peu de racines latérales	Bois feuillus	0.43
	Bois résineux	0.48
Souches de petites dimensions, beaucoup de racines latérales	Bois feuillus	0.42
	Bois résineux	0.46

Volume de l'écorce. — On sait que l'épaisseur de l'écorce augmente en même temps que le diamètre des parties qu'elle recouvre. C'est dire que, toutes choses égales d'ailleurs, de deux arbres d'âges différents, c'est le plus âgé qui aura l'écorce la plus épaisse et, dans un même arbre, l'épaisseur de l'écorce sera la plus grande au pied du fût et la plus faible à l'extrémité des jeunes pousses. Cependant l'accroissement de l'épaisseur de l'écorce est extrêmement lent, par rapport à celui du diamètre du bois, de sorte que l'on voit, à mesure que le diamètre augmente, le rapport du volume de l'écorce au volume total diminuer de plus en plus : c'est une des causes de la plus-value des gros bois d'œuvre qu'on cube écorce comprise. Les chiffres suivants, empruntés à M. Weber, indiquent le poids de l'écorce pour 100 parties de bois dans des chênes de différents diamètres.

	DIAMÈTRES EN CENTIMÈTRES.											
	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	
Chênes à écorce lisse et croissance rapide	23	21	19	18	17	14	12	10	8	6	5	p. 100
Chênes à écorce épaisse et fissurée	31	29	28	25	22	18	15	12	10	8	6	—

D'après M. Schuberg, les jeunes chênes présentent :

Brins de semence	120 kilogr. d'écorce sèche	par mètre cube de bois	à 18 ans.	
	111,5 —	—	20	—
Rejets de souche	106 —	—	12	—
	67 à 102 —	—	12 à 17	—

et les baliveaux de 28 à 35 ans, 81 kilogr. d'écorce par mètre cube de bois.

La proportion de l'écorce est d'autant plus grande que les conditions de végétation sont moins bonnes ou que les arbres ont vécu à l'état plus isolé. Ainsi, si nous considérons des troncs de sapin (tiges

jusqu'à 0m,15 de diamètre au petit bout), le rapport entre le volume de l'écorce et celui du bois qu'elle recouvre est, d'après le même auteur, de 10 p. 100 environ chez les sapins ayant crû dans des conditions très favorables, de 12 à 13 p. 100 dans des conditions moyennes et de 17 à 20 p. 100 dans des conditions mauvaises[1].

M. de Guttenberg a trouvé, en Autriche, que des épicéas âgés ayant crû dans de très bonnes conditions, ont de 7 à 8 p. 100 du volume total de leur tige en écorce; cette proportion s'élève à 10 ou 12 p. 100 chez des arbres isolés ou ayant crû dans de mauvaises conditions. Les hêtres exploitables ont en moyenne 6 p. 100, les sapins 14 p. 100 et les pins sylvestres 10 p. 100 du volume total de leur tige en écorce[2].

Burckhardt rapporte que les vieux chênes ont 17 p. 100 de leur volume en écorce[3].

D'après les travaux des stations de recherches forestières, résumés par M. von Baur[4], on peut employer les coefficients suivants pour passer du volume des écorces à leur poids et réciproquement :

	POIDS du mètre cube.	VOLUME pour 100 kilogrammes.	POIDS du stère.	VOLUME réel du stère.
	kilogr.	mètr. cub.	kilogr.	mèt. cub.
Écorce nettoyée (raclée) de vieux chênes, séchée à l'air	768	0.130	289	0.376
— brute de vieux chênes, séchée à l'air	691	0.145	290	0.419
— verte d'épicéa	837	0.120	227	0.272
— séchée à l'air	752	0.130	111	0.147
— verte de sapin	864	0.116	440	0.509
— séchée à l'air	733	0.136	312	0.425
— de jeunes brins de chêne, verte	881	0.113	»	»
— de jeunes brins de chêne, séchée à l'air	764 à 851	0.130 à 0.117	»	»
— de baliveaux, verte	840	0.119	»	»

Volume des souches. — Le développement de la partie souterraine de l'arbre est, comme on sait, en rapport avec celui de la cime. Les souches fournissent un produit de très peu de valeur, tant à cause de son défaut de qualité comme combustible que de la dif-

1. *Die Weisstanne*, pages 140 et suivantes.
2. *Holzmesskunde*, pages 115-116.
3. *Hilfstafeln, etc.*, page 116.
4. *Holzmesskunde*, 4e édition, page 94.

ficulté, souvent assez grande, de sa récolte et de son débit. Aussi s'est-on peu occupé d'étudier le rendement en bois de souches, lequel dépend du reste, à un haut degré, de la hauteur de coupe.

Pour la plupart des essences le volume de la partie souterraine des arbres est de 12 à 25 p. 100 (un huitième à un quart) de la partie aérienne lorsqu'on coupe rez-terre. D'après Th. Hartig, l'épicéa présente en souche proprement dite 15 p. 100 et en racines latérales 2 p. 100 du volume superficiel ; le charme 13 à 14 p. 100 de souche et 7 à 8 p. 100 de racines, etc.

Nous donnerons encore ici, d'après Burckhardt, la quantité de bois de souches qu'on peut obtenir de peuplements de diverses essences :

Épicéa, souches de $0^m,50$ de hauteur :

Vieux bois : 205 à 246 stères ou 114 à 137 mètres cubes, soit 25 à 34 p. 100 du volume superficiel ;

Jeunes bois : 110 à 151 stères ou 61 à 84 mètres cubes.

Hêtre, hauteur des souches $0^m,60$:

Vieux bois : 110 à 150 stères ou 68 mètres cubes ou 21 à 26 p. 100 du volume superficiel ;

Jeunes bois : 68 à 96 stères ou 42 mètres cubes.

Chêne :

55 à 82 stères l'hectare dans de vieux bois, soit environ 11 p. 100 du volume superficiel.

§ 4. — Répartition commerciale du volume en différentes catégories de marchandises.

Bois fort et menu bois. — Si nous considérons un arbre individuellement, nous voyons que le rapport du volume de son menu bois au volume total va en diminuant rapidement avec le diamètre dans le jeune âge jusqu'à un moment à partir duquel il reste à peu près constant. Pour un même diamètre, la proportion du menu bois est d'autant plus faible que l'arbre est plus élevé, et pour une même hauteur elle va légèrement en augmentant avec le diamètre aux âges avancés. Le tableau ci-après, relatif à l'épicéa, le montre clairement ; il s'agit d'arbres ayant crû à l'état de massif. Nous l'empruntons au dernier ouvrage de M. Schwappach sur l'épicéa[1].

---

1. *Formzahlen und Massentafeln, etc.* Berlin, 1891.

Rapport du volume du menu bois au volume total de l'arbre chez des pins sylvestres dans l'Allemagne du Sud.

HAUTEURS.	DIAMÈTRES A 1m,30 EN CENTIMÈTRES.										
	6 à 10.	11 à 15.	16 à 20.	21 à 25.	26 à 30.	31 à 35.	36 à 40.	41 à 45.	46 à 50.	51 à 55.	56 à 60.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
6 mètres.	65	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8 —	60	36	34	»	»	»	»	»	»	»	»
10 —	48	31	30	»	»	»	»	»	»	»	»
12 —	40	26	26	27	»	»	»	»	»	»	»
14 —	31	22	20	20	21	22	»	»	»	»	»
16 —	»	17	16	14	15	17	»	»	»	»	»
18 —	»	16	12	12	12	14	16	»	»	»	»
20 —	»	»	11	10	11	14	15	»	»	»	»
22 —	»	»	9	9	11	12	13	14	»	»	»
24 —	»	»	»	8	9	9	10	12	14	16	»
26 —	»	»	»	7	7	8	9	11	13	15	»
28 —	»	»	»	6	6	7	8	9	11	13	15
30 —	»	»	»	»	5	6	7	8	9	11	13
32 —	»	»	»	»	»	6	5.5	7	8	9	10
34 —	»	»	»	»	»	4.5	4	5.5	6.5	7.5	8.5
36 —	»	»	»	»	»	»	»	4.5	5.5	6	7
38 —	»	»	»	»	»	»	»	»	4.0	4	5.5
Moyennes.	49	25	20	12.5	11	10.9	9.7	9.0	9.0	10.0	10.0

Le tableau qui suit donne des renseignements analogues pour le sapin, mais ici les volumes relatifs du menu bois sont exprimés en fonction de la hauteur seulement. Ses chiffres sont extraits du dernier travail de M. Schuberg sur le sapin[1].

Rapport du volume du menu bois au volume total de l'arbre chez des sapins dans la Forêt-Noire.

HAUTEUR des arbres.	VOLUME du menu bois pour 100 mèt. cub. du volume total.	HAUTEUR des arbres.	VOLUME du menu bois pour 100 mèt. cub. du volume total.	HAUTEUR des arbres.	VOLUME du menu bois pour 100 mèt. cub. du volume total.	HAUTEUR des arbres.	VOLUME du menu bois pour 100 mèt. cub. du volume total.
7 mètr.	63 m. cub.	16 mètr.	18 m. cub.	25 mètr.	13.1 m. cub.	34 mètr.	11.2 m. cub.
8 —	55 —	17 —	17 —	26 —	12.8 —	35 —	10.9 —
9 —	45 —	18 —	16 —	27	12.6 —	36 —	10.6 —
10 —	36 —	19 —	15 —	28	12.5 —	37 —	10.5 —
11 —	31 —	20 —	15 —	29 —	12.4 —	38 —	10.3 —
12 —	26 —	21 —	14.0 —	30 —	12.2 —	39 —	9.8 —
13 —	23 —	22 —	13.9 —	31 —	11.9 —	40 —	8.7 —
14 —	21 —	23 —	13.6 —	32 —	11.7 —		
15 —	19 —	24 —	13.3 —	33 —	11.5 —		

1. *Formzahlen und Massentafeln, etc.* Berlin, 1891.

Le volume relatif du menu bois est d'ailleurs plus grand chez des arbres dégagés que chez des arbres croissant en massif serré. Chez des vieux sapins de $0^m,30$ à $0^m,50$ de diamètre et 30 mètres de hauteur, il y a environ 10 p. 100 de menu bois lorsqu'ils sont en massif serré et 12 p. 100 lorsqu'ils sont bien dégagés. (D'après M. Schuberg.)

Si, au lieu d'arbres, nous considérons des peuplements, nous voyons que, dans un peuplement, le volume des menus bois va en augmentant assez rapidement avec l'âge dans les premières années, puis il passe par un maximum d'assez bonne heure, après lequel il diminue très légèrement pendant quelque temps pour finir par rester constant [1]. On constate de plus que ce volume varie moins avec les conditions de végétation et d'une essence à l'autre, qu'on pourrait le supposer *a priori*. En voici des exemples sous forme de tableaux; on pourra aussi se rendre compte de ces faits en examinant les figures n°s 105 à 111.

Volume du menu bois à l'hectare dans des peuplements de diverses essences.

AGES	SAPIN (d'après M. Schuberg). Classes de station :			ÉPICÉA (d'apr. M. Schwappach). Classes de station :			PIN SYLVESTRE (d'apr. M. Schwappach). Classes de station :			HÊTRE (d'après M. von Baur). Classes de station :		
	I.	III.	V.	I.	III.	V.	I.	III.	V.	I.	III.	V.
ans.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
20	70	»	»	126	100	43	87	70	35	64	40	17
30	136	107	40	131	136	77	84	74	44	99	63	38
40	138	130	86	126	125	94	70	65	47	110	66	51
50	132	115	108	118	108	98	65	57	43	91	54	54
60	124	105	90	110	98	86	63	50	42	68	42	51
70	115	103	85	105	94	78	61	47	41	73	42	50
80	112	101	85	102	92	75	59	47	41	89	44	43
90	111	103	87	102	91	76	57	47	40	100	49	33
100	111	105	89	103	93	76	57	47	40	110	56	29
110	112	106	92	103	94	»	57	47	»	117	64	34
120	114	108	95	103	95	»	57	47	»	124	74	39
130	117	111	97	»	»	»	57	»	»	»	»	»
140	120	113	100	»	»	»	57	»	»	»	»	»
150	122	116	102	»	»	»	»	»	»	»	»	»

1. Ce fait est connu depuis longtemps en France. Dans le procès-verbal d'aménagement de la forêt de Bellême, daté de 1858, on calcule le volume de la cime d'un chêne dans un peuplement de densité moyenne et on admet que ce volume est inversement proportionnel, d'un peuplement à l'autre, au nombre des tiges. Cela revient à admettre que le volume total des cimes est constant pour un hectare.

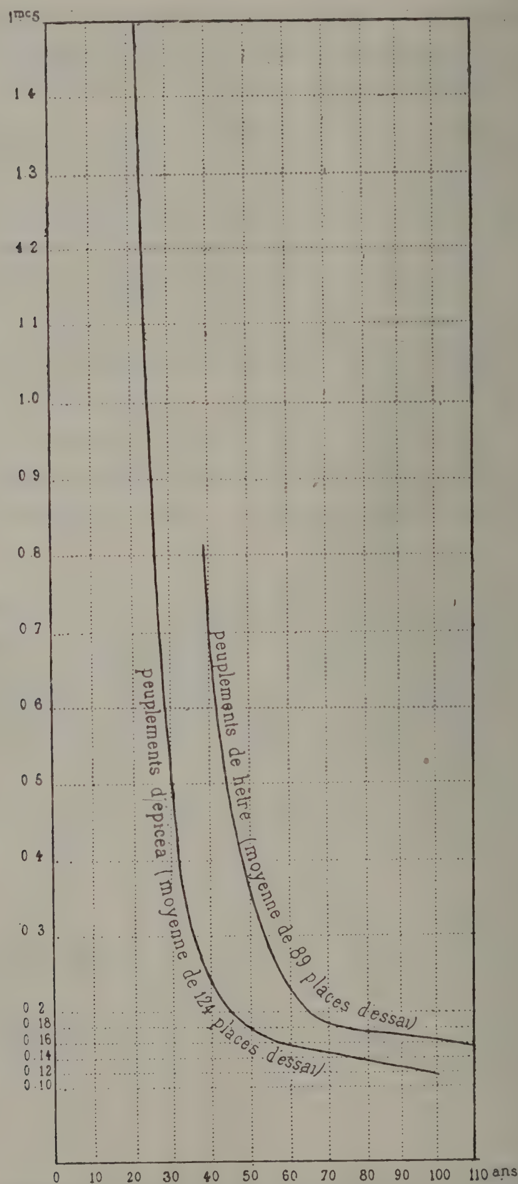


Fig. 105. — Volume, en mètres cubes, du menu bois pour un mètre cube de bois fort dans des peuplements de hêtre et d'épicéa de différents âges, d'après des mesurages de M. Flury, attaché à la station de recherches forestières de Zurich.

Les conséquences de cette marche du développement du volume des menus bois sont nombreuses; nous allons examiner les principales.

1° Accroissements annuels et moyens du bois fort. — Si, au lieu de considérer le volume total dans un arbre ou un peuplement, nous ne considérons que le volume du bois de 0m,2 de tour et plus, nous voyons les accroissements de cette partie du volume culminer notablement plus tard que ceux du volume total (voir les figures 106 et 107).

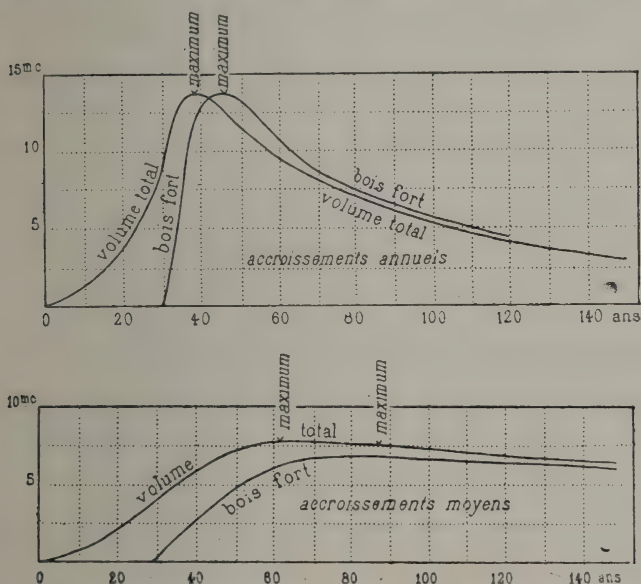


Fig. 106 et 107. — Accroissements comparés du bois fort et du volume total dans un peuplement de sapin. Conditions de végétation moyennes (d'après M. Schuberg).

Cela s'explique facilement par ce fait que la production de bois fort, pendant une année, n'est pas due seulement à l'accroissement du bois fort déjà existant au début de l'année, mais encore à ce qu'une certaine quantité de menu bois, dont la circonférence était peu au-dessous de 0m,20, acquiert cette dimension pendant la saison de végétation.

On peut, du reste, dire d'une façon générale que *dans un arbre ou un peuplement, si on ne considère que le bois de* n *décimètres de tour et plus, les accroissements de cette partie du volume culmineront d'autant plus tard que* n *sera plus grand* (voir fig. 110).

Voici, d'après les tables déjà citées au chapitre précédent, le moment du maximum des accroissements du bois fort pour diverses essences.

			CLASSES DE STATION.					
			I.		III.		V.	
			Époque du maximum.	Valeur du maximum.	Époque du maximum.	Valeur du maximum.	Époque du maximum.	Valeur du maximum.
				m. cub.		m. cub.		m. cub.
SAPIN dans le Wurtemberg, d'après M. Lorey.	Accroissement	annuel.	75	16.0	100	11.2	»	»
		moyen.	105	9.30	135	5.8	»	»
SAPIN dans la Forêt-Noire, d'après M. Schuberg.	Accroissement	annuel.	35	21.6	45	13.4	60	9.0
		moyen.	70	10.2	90	6.34	110	3.67
ÉPICÉA dans l'Allemagne du Sud, d'après M. Schwappach.	Accroissement	annuel.	40	19.2	60	8.6	70	6.4
		moyen.	55	11.6	95	6.3	100	3.2
PIN SYLVESTRE dans l'Allemagne du Nord, d'après M. Schwappach.	Accroissement	annuel.	35	9.8	40	6.2	45	3.4
		moyen.	50	6.4	65	4.0	75	1.7
HÊTRE dans le Wurtemberg, d'après M. v. Baur.	Accroissement	annuel.	52	13.0	50	7.5	90	4.0
		moyen.	75	6.2	100	4.2	115	2.5

Comme la production en bois fort est la seule présentant un intérêt économique, nous voyons que le terme de l'exploitabilité absolue des peuplements (maximum de l'accroissement moyen) se produit vers 90 à 100 ans dans des conditions moyennes pour la plupart des essences.

2° **Taux d'accroissement du volume du bois fort.** — Ce taux est, à tous les âges, plus élevé que le taux d'accroissement du volume total, mais la différence entre les deux taux va en diminuant quand l'âge augmente, ce qui résulte naturellement de ce que l'importance relative du menu bois devient de plus en plus petite.

3° **Production en bois fort.** — La production totale annuelle (produits principaux et intermédiaires réunis) en bois fort présente son maximum plus tard que la production totale en bois de toute catégorie, car, dans les produits intermédiaires aussi, le rendement en bois fort continue à croître plus longtemps que le rendement total.

C'est ainsi que chez l'épicéa, d'après M. Schwappach, il y aurait une différence de 10 ans entre l'époque des deux maxima (70 et 60 ans) dans des conditions très bonnes, de 5 ans (110 et 105 ans)

dans des conditions moyennes. Pour le pin sylvestre, ces époques de culmination seraient de 70 et 55 ans dans des conditions très bonnes, 75 et 65 ans dans des conditions moyennes.

La production moyenne étant liée par une relation que nous connaissons à la production annuelle, nous pouvons déduire de ce qui précède qu'elle aussi culminera plus tard pour le bois fort que pour le volume total. Lorsque, dans une forêt, nous voulons obtenir le maximum du rendement en matière, produits principaux et intermédiaires compris (mais en limitant ces derniers au peuplement accessoire), ce n'est guère au-dessous de 110 à 120 ans pour le sapin, l'épicéa et le hêtre, de 75 ans pour le pin sylvestre, qu'il faudra fixer l'âge d'exploitation, *si nous ne tenons compte, dans le rendement, que des bois de plus de* 0^{m},2 *de tour.*

Remarquons, ici encore, que cette règle est générale. *Si nous ne tenons compte, dans le rendement total, que des bois de* n *décimètres de tour et au-dessus, l'âge d'exploitation correspondant au maximum du rendement de la forêt aménagée sera d'autant plus avancé que* n *sera plus grand.*

Voici, d'après M. Schuberg, le taux moyen de production en ne tenant compte que des produits principaux et des bois de plus de 0^{m},2 de tour.

AGE D'EXPLOITATION.	VOLUME DU MATÉRIEL LIGNEUX SUR PIED dans une série aménagée. — Classes de station:			RAPPORT DU VOLUME DE LA RÉCOLTE à celui du matériel de la série. — Classes de station :		
	I.	III.	V.	I.	III.	V.
50 ans.	7,950 m. cub.	3,320 m. cub.	1,020 m. cub.	6.03 p. 100	7.67 p. 100	9.00 p. 100
60 —	13,290 —	6,340 —	2,280 —	4.42 —	5.51 —	6.70 —
70 —	19,620 —	10,280 —	4,080 —	3.46 —	4.27 —	5.09 —
80 —	26,820 —	15,050 —	6,440 —	2.83 —	3.42 —	4.10 —
90 —	34,770 —	20,500 —	9,320 —	2.38 —	2.80 —	3.35 —
100 —	43,400 —	26,780 —	12,690 —	2.06 —	2.55 —	2.86 —
110 —	52,170 —	33,570 —	16,540 —	1.84 —	2.01 —	2.47 —
120 —	62,570 —	40,640 —	20,790 —	1.63 —	1.82 —	2.14 —
130 —	73,050 —	48,130 —	25,390 —	1.47 —	1.57 —	1.88 —
140 —	84,050 —	55,880 —	30,280 —	1.34 —	1.42 —	1.66 —
150 —	95,520 —	63,970 —	35,390 —	1.22 —	1.28 —	1.47 —

CATÉGORIES DE MARCHANDISES. — La classification des marchandises que l'on peut tirer d'un arbre varie, pour ainsi dire, à l'infini suivant les usages locaux. Nous nous contenterons d'indiquer ici la classification adoptée en Prusse et celle suivie dans le grand-duché de Bade afin de rendre intelligibles les tableaux qui vont suivre.

En Prusse[1] on distingue les bois d'œuvre :

En grumes lorsqu'ils ont plus de $0^m,14$ de diamètre à 1 mètre du gros bout et au moins $0^m,07$ au petit bout.

En perches bois fort lorsqu'ils ont de $0^m,07$ à $0^m,14$ de diamètre à 1 mètre du gros bout.

En perches menu bois lorsqu'ils ont moins de $0^m,07$ de diamètre à 1 mètre du gros bout.

En quartiers[2] et en écorces lorsque celles-ci sont récoltées séparément.

Les grumes sont divisées en 5 classes :

1re classe, pièces de plus de 3 mètres cubes.
2e classe, pièces de 2 à 3 mètres cubes.
3e classe, pièces de 1 à 2 mètres cubes.
4e classe, pièces de $0^{mc},51$ à 1 mètre cube.
5e classe, pièces de moins de $0^{mc},51$.

On distingue souvent sous le nom de tronces de sciage des pièces ayant $0^m,30$ ou plus de diamètre au petit bout et au moins 3 mètres de long.

Les bois de chauffage sont refendus à partir de $0^m,14$ de diamètre au petit bout et forment le bois de quartier. Les rondins ont de $0^m,07$ à $0^m,14$ de diamètre au petit bout.

Tous les volumes sont exprimés en mètres cubes, en stères ou en cents de fagots de 1 mètre de long et 1 mètre de tour.

Dans le grand-duché de Bade, on classe les sapins de la manière suivante :

Ire classe, grumes de 18 mètres de longueur et plus, et de $0^m,30$ et plus de diamètre au petit bout.

IIe classe, grumes de 18 mètres de longueur et plus, et de $0^m,22$ et plus de diamètre au petit bout.

---

1. Instruction du 1er octobre 1875.
2. Voir la note du tableau I, page 154.

III[e] classe, grumes de 16 mètres de longueur et plus, et de $0^m,17$ et plus de diamètre au petit bout.

IV[e] classe, grumes de 8 mètres de longueur et plus, et de $0^m,14$ et plus de diamètre au petit bout.

et enfin la V[e] classe qui comprend tous les bois plus faibles, mais ayant au moins $0^m,14$ de diamètre à 1 mètre du gros bout.

Cela étant entendu, nous pouvons maintenant donner les résultats publiés par les stations de recherches pour le sapin (classification badoise), le pin sylvestre et l'épicéa (classification prussienne).

Les chiffres ci-après expriment le volume des différentes catégories de marchandises qu'on trouve dans 100 mètres cubes du volume total des peuplements d'après M. Schuberg.

CATÉGORIES de MARCHANDISES.	AGES DES PEUPLEMENTS. 41 à 50 ans.	51 à 60 ans.	61 à 70 ans.	71 à 80 ans.	81 à 90 ans.	91 à 100 ans.	101 à 110 ans.	111 à 120 ans.	121 à 130 ans.
Conditions très favorables.									
	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
Bois écorcés. Perches bois fort	20	9	4	2	»	»	»	»	»
Bois écorcés. Grumes 5e classe	23	14	10	7	4	»	»	»	»
Bois écorcés. — 4e classe	18	38	30	21	16	11	5	»	»
Bois écorcés. — 3e classe	»	5	25	40	38	27	15	8	»
Bois écorcés. — 2e classe	»	»	»	»	15	27	23	17	13
Bois écorcés. — 1re classe	»	»	»	»	»	10	33	52	65
Total des bois écorcés	61	66	69	71	73	75	76	77	78
Ecorce de ces bois	7	7	8	8	8	8	8	8	8.5
Quartier	3	4	4	5	5	4	4	3	2.5
Rondin	4	4	3	2	1	1	1	1	0.5
Total du bois fort	75	81	84	83	87	88	89	89	90
Perches menu bois	3	1	»	»	»	»	»	»	»
Chauffage menu bois	22	18	16	14	13	12	11	11	10
Conditions moyennes.									
	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
Bois écorcés. Perches bois fort	28	15	9	4	1	»	»	»	»
Bois écorcés. Grumes 5e classe	22	18	10	8	5	2	»	»	»
Bois écorcés. — 4e classe	»	25	42	48	37	24	13	5	»
Bois écorcés. — 3e classe	»	»	»	4	22	35	37	25	18
Bois écorcés. — 2e classe	»	»	»	»	»	4	14	30	26
Bois écorcés. — 1re classe	»	»	»	»	»	»	3	8	25
Total des bois écorcés	50	58	61	64	65	65	67	68	69
Écorce de ces bois	8	9	9	9	10	10	10	10	11
Quartier	»	»	2	3	4	5	5	5	5
Rondin	7	8	8	6	5	5	4	3	2
Total du bois fort	65	75	80	82	84	85	86	86	87
Perches menu bois	8	4	2	1	»	»	»	»	»
Chauffage menu bois	27	21	18	17	16	15	14	14	13
Conditions mauvaises.									
	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
Bois écorcés. Perches bois fort	20	22	12	7	3	»	»	»	»
Bois écorcés. Grumes 5e classe	»	10	14	9	7	4	1	»	»
Bois écorcés. — 4e classe	»	8	24	38	44	40	27	14	5
Bois écorcés. — 3e classe	»	»	»	»	2	13	29	38	33
Bois écorcés. — 2e classe	»	»	»	»	»	»	1	6	17
Bois écorcés. — 1re classe	»	»	»	»	»	»	»	»	3
Total des bois écorcés	20	40	50	54	56	57	58	58	58
Écorce de ces bois	5	8	10	11	11	12	12	12	12
Quartier	»	»	»	»	1	2	3	4	4
Rondin	»	»	8	8	9	9	7	7	7
Total du bois fort	25	48	68	73	77	80	80	81	81
Perches menu bois	5	9	9	5	3	2	1	»	»
Chauffage menu bois	70	43	23	22	20	18	19	19	19

Répartition du volume du peuplement principal en différentes catégories de marchandises. (D'après M. Schwappach.)

AGE	BOIS D'ŒUVRE.																CHAUFFAGE.				VOLUME
	CLASSES DE GRUMES.										Parmi les grumes, pièces de plus de 0m,30 au petit bout.		PERCHES.				RONDINS BOIS FORT.		MENU BOIS.		total.
	I.		II.		III.		IV.		V.				BOIS FORT.		MENU BOIS.						
ans.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	Mètr. cubes.
	Pin sylvestre dans des conditions très favorables.																				
60	»	»	»	»	7	31	30	137	34	155	4	18	5	21	»	»	10	39	14	62	445
70	»	»	»	»	16	79	41	203	20	99	8	40	»	»	»	»	10	50	13	61	495
80	»	»	4	21	25	136	46	245	7	38	14	75	»	»	»	»	6	33	12	61	537
90	»	»	15	86	32	182	38	217	»	»	22	116	»	»	»	»	4	23	11	63	571
100	5	30	26	156	34	204	22	132	»	»	30	180	»	»	»	»	3	18	10	60	600
110	15	94	37	233	30	188	6	38	»	»	38	238	»	»	»	»	2	12	10	60	625
120	24	156	43	279	22	142	»	»	»	»	47	305	»	»	»	»	2	12	9	59	648
130	38	257	38	257	13	87	»	»	»	»	54	362	»	»	»	»	2	12	9	57	670
140	56	387	32	221	3	21	»	»	»	»	65	449	»	»	»	»	1	6	8	55	690
	Pin sylvestre dans des conditions moyennes.																				
60	»	»	»	»	»	»	»	»	42	122	»	»	29	85	»	»	13	38	16	47	292
70	»	»	»	»	»	»	16	52	48	156	»	»	12	39	»	»	10	32	14	46	325
80	»	»	»	»	»	»	30	107	41	145	2	7	1	4	»	»	15	52	13	46	354
90	»	»	»	»	4	15	40	152	33	126	9	34	»	»	»	»	11	41	12	45	379
100	»	»	»	»	16	65	41	164	24	97	16	64	»	»	»	»	8	30	11	44	400
110	»	»	9	38	28	118	31	129	15	62	24	100	»	»	»	»	6	26	11	44	417
120	»	»	17	74	38	163	21	91	10	43	31	134	»	»	»	»	4	17	10	43	431
	Pin sylvestre dans des conditions mauvaises.																				
50	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	75	87	16	19	»	»	9	11	117
60	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	74	105	13	18	2	3	11	16	142
70	»	»	»	»	»	»	»	»	6	10	»	»	68	111	8	13	5	8	13	21	163
80	»	»	»	»	»	»	»	»	21	38	»	»	53	96	4	7	7	12	15	27	180
90	»	»	»	»	»	»	»	»	35	67	»	»	37	71	1	2	10	19	17	32	191
100	»	»	»	»	»	»	12	24	42	84	»	»	15	30	»	»	13	26	18	36	200

Répartition du volume du peuplement principal en différentes catégories de marchandises. (D'après M. Schwappach.)

AGE.	BOIS D'ŒUVRE.																CHAUFFAGE.		VOLUME
	CLASSES DE GRUMES.										Parmi les grumes, tronces de sciage de plus de 0m,30 de diamètre minimum.		PERCHES.				MENU BOIS.		TOTAL.
	I.		II.		III.		IV.		V.				BOIS FORT.		MENU BOIS.				
— ans.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	P. 100.	Mètr. cubes.	— Mètr. cubes.
									Épicéa dans des conditions très favorables.										
30	»	»	»	»	»	»	8	27	32	106	»	»	24	80	3	10	33	112	335
40	»	»	»	»	7	36	29	149	30	154	»	»	12	61	»	»	22	114	514
50	»	»	»	»	23	152	37	246	22	144	»	»	»	»	»	»	18	118	660
60	»	»	»	»	34	264	40	310	12	94	2	16	»	»	»	»	14	110	778
70	»	»	»	»	44	386	40	350	4	35	12	105	»	»	»	»	12	105	876
80	»	»	11	106	47	458	30	293	»	»	25	240	»	»	»	»	12	102	959
90	4	41	20	207	49	508	17	175	»	»	37	381	»	»	»	»	10	102	1,033
100	16	176	27	296	48	525	»	»	»	»	48	528	»	»	»	»	9	103	1,100
110	28	325	29	338	34	395	»	»	»	»	60	700	»	»	»	»	9	103	1,161
120	44	532	30	363	18	217	»	»	»	»	71	862	»	»	»	»	8	103	1,225
									Épicéa dans des conditions moyennes.										
40	»	»	»	»	»	»	»	»	22	60	»	»	35	95	12	30	31	88	273
50	»	»	»	»	»	»	»	»	42	153	»	»	30	111	4	17	24	84	365
60	»	»	»	»	»	»	13	59	52	235	»	»	17	76	»	»	18	82	452
70	»	»	»	»	»	»	33	174	50	265	»	»	»	»	»	»	17	94	533
80	»	»	»	»	5	30	41	246	39	235	»	»	»	»	»	»	15	92	604
90	»	»	»	»	20	133	38	255	28	187	2	13	»	»	»	»	14	91	666
100	»	»	»	»	35	252	35	253	17	122	12	86	»	»	»	»	13	93	720
110	»	»	7	53	49	376	26	199	6	46	22	169	»	»	»	»	12	94	768
120	4	32	18	145	53	426	14	113	»	»	33	267	»	»	»	»	11	95	811
									Épicéa dans des conditions mauvaises.										
40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	22	26	25	29	53	63	118
50	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	45	74	20	33	35	58	165
60	»	»	»	»	»	»	»	»	7	15	»	»	56	122	13	28	24	52	217
70	»	»	»	»	»	»	»	»	29	79	»	»	44	119	4	11	23	62	271
80	»	»	»	»	»	»	»	»	53	171	»	»	25	80	»	»	22	71	322
90	»	»	»	»	»	»	13	48	66	242	»	»	»	»	»	»	21	76	366
100	»	»	»	»	»	»	22	88	59	236	»	»	»	»	»	»	19	76	400

Les figures 108 à 111 reproduisent graphiquement les données des tableaux qui précèdent. Leur dispositif comporte quelques explications.

La figure 108 représente le développement du volume d'un peuplement d'épicéa. La ligne la plus élevée retrace le développement

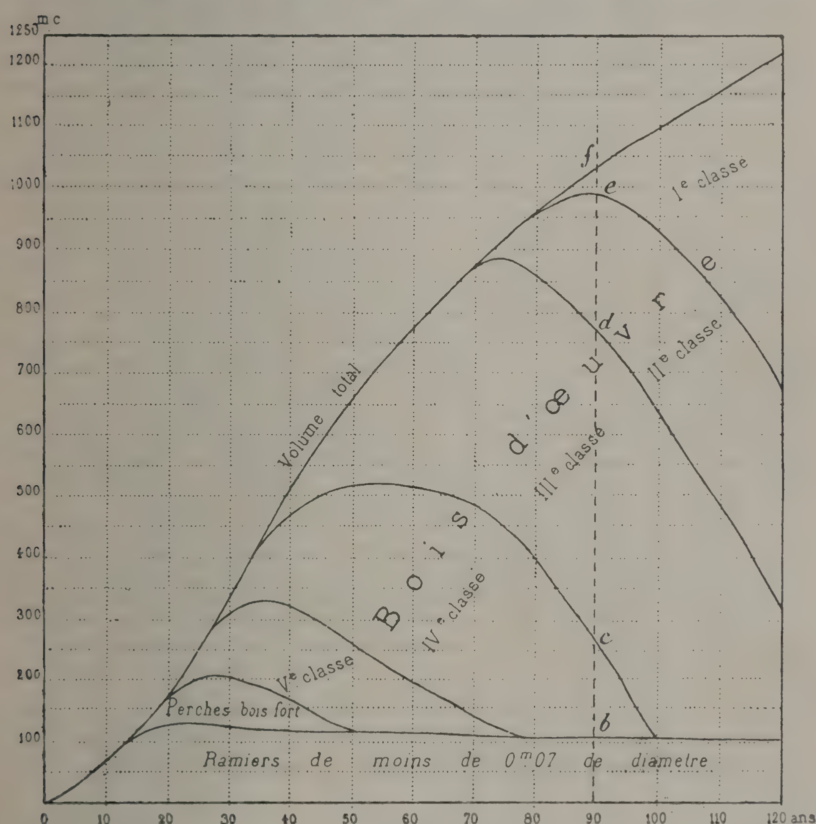


Fig. 108. — Répartition du volume total d'un peuplement d'épicéa, croissant dans des conditions de végétation très bonnes, en différentes catégories de marchandises (Montagnes du centre de l'Allemagne) [d'après M. Schwappach].

du volume total, et la plus basse celui des bois de moins de deux décimètres de tour.

L'aire comprise entre ces deux lignes est divisée en six zones correspondant aux cinq classes de grumes et aux perches. Les longueurs d'ordonnées comprises dans chaque zone représentent, à l'échelle des ordonnées (à gauche de la figure) le volume, dans le

peuplement, des bois dont cette zone porte le nom. Ainsi, à l'âge de 90 ans, le volume total sera mesuré par *af;* celui des menus bois, par *ab;* celui des grumes de 4e classe, par *bc;* celui des grumes de 3e classe, par *cd*, etc.

La figure 109 donne les mêmes renseignements avec un autre dispositif. Les ordonnées sont proportionnelles aux volumes des différentes catégories de marchandises fournies par un peuplement

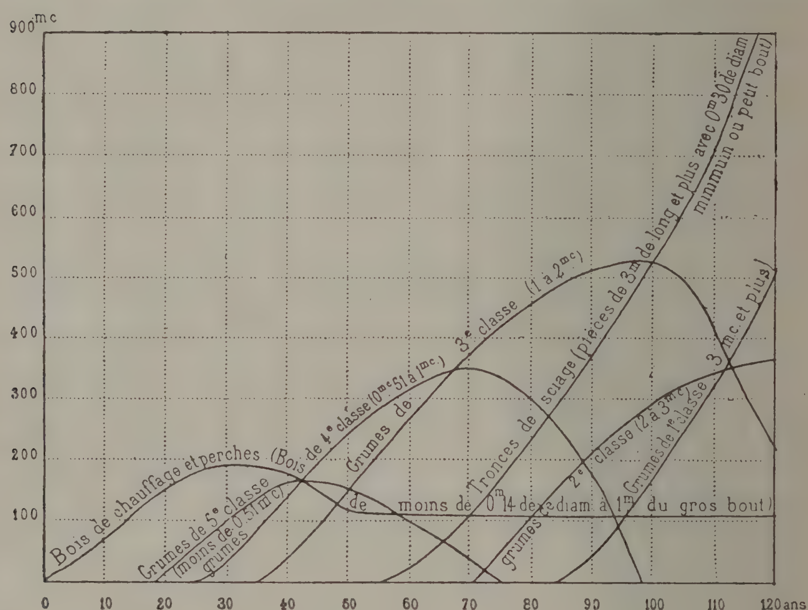


Fig. 109. — Variations, avec l'âge, du volume des différentes catégories de marchandises formant le peuplement principal d'une futaie d'épicéa croissant, dans des conditions très favorables, dans l'Allemagne du Nord (d'après M. Schwappach).

à différents âges; on y voit nettement comment, à mesure que le peuplement vieillit, l'importance des bois de catégories inférieures diminue, tandis que celle des grumes de 1re classe augmente constamment et de plus en plus rapidement.

La figure 110 représente les accroissements avec l'âge du volume des différentes catégories de marchandises contenues dans le peuplement principal d'une futaie de pins sylvestres. On y remarque que, jusque vers 10 ans, tout l'accroissement du peuplement est dû aux menus bois. Le volume de ceux-ci commence à diminuer (ses accrois-

sements deviennent nuls), dès 15 à 20 ans ; le volume du bois fort de chauffage, nul encore à 10 ans, est maximum vers 39 ans, âge à partir duquel il commence à décroître ; de même, les grumes de 3[e] classe, par exemple, commencent à être représentées vers 55 ans, et leur volume va en augmentant jusque vers 95 ou 100 ans, époque à partir de laquelle il diminue. Les grumes de 1[re] classe commencent à se rencontrer dans le peuplement vers l'âge de 95 ans, et leur volume va en augmentant de plus en plus rapidement (sauf une petite irrégularité vers 115 ans), jusque vers 140 ans.

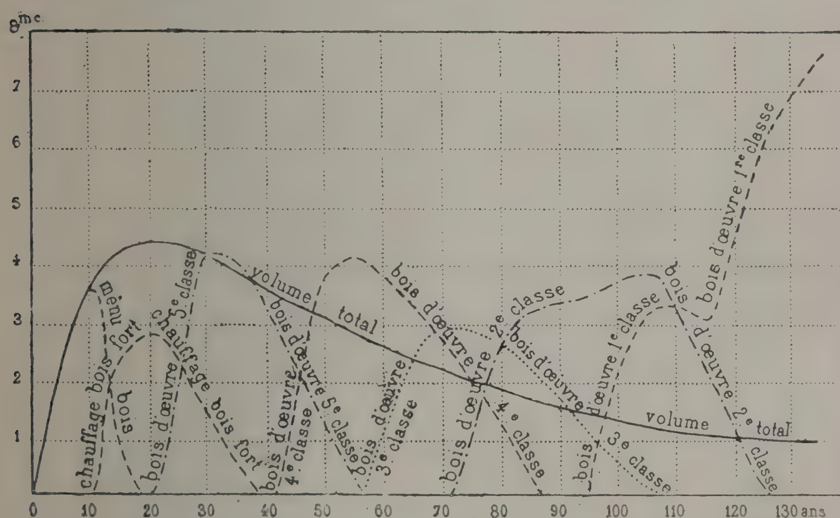


Fig. 110. — Accroissements annuels du volume en différentes catégories de marchandises dans un peuplement de pin sylvestre dans l'Allemagne du Nord ; conditions très favorables (d'après M. Schwappach).

La figure 111 donne le volume, dans 100 mètres cubes du peuplement principal, des différentes catégories de marchandises d'un peuplement de sapin, au moyen des longueurs d'ordonnées comprises dans les différentes zones dans lesquelles est partagée l'aire du rectangle ABCD. Ainsi, à 70 ans, par exemple, nous avons dans 100 mètres cubes du peuplement principal : *al* mètres cubes de menus bois chauffage ; *ab* mètres cubes de perches de moins de 0[m],07 de diamètre à 1 mètre du gros bout ; *bc* mètres cubes de rondins de 0[m],07 à 0[m],14 de diamètre ; *cd* mètres cubes de bois de quartier ; *ef* mètres cubes de grumes de 5[e] classe, écorcées, etc.,

etc., et hi mètres cubes d'écorces provenant des 5 classes de grumes et des perches. Les volumes représentés par ces longueurs se mesurent à l'échelle des ordonnées à gauche de la figure.

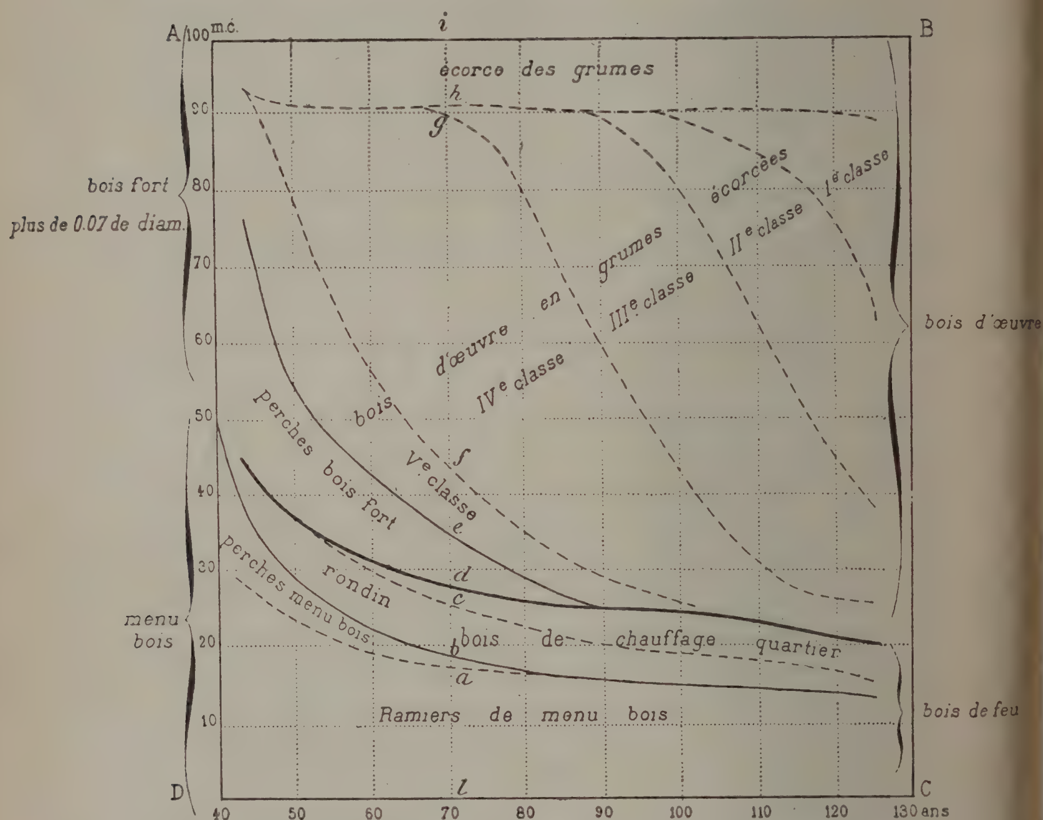


Fig. 111. — Volume, dans 100 mètres cubes du peuplement principal, des différentes catégories de marchandises à divers âges. — Sapin de la Forêt-Noire (d'après M. Schuberg).

Nous empruntons aux tables déjà anciennes de Burckhardt [1], quelques renseignements sur les peuplements de chêne. D'après cet auteur, des peuplements très élevés de fût, âgés et complets, présentent :

70 p. 100 de leur volume en bois d'œuvre ;				
12	—	—	en bois de feu	quartier ;
12	—	—	—	rondin ;
6	—	—	—	ramiers.

1. *Hilfstafeln, etc.* La 1re édition est de 1852.

Des peuplements en bon sol, d'une belle hauteur de fût, âgés, ayant crû à l'état complet, mais un peu éclaircis par l'âge, présentent :

50 p. 100 de leur volume en bois d'œuvre ;				
25	—	—	en bois de feu quartier ;	
15	—	—	—	rondin ;
10	—	—	—	ramiers.

Ces chiffres s'appliquent aussi aux plus beaux arbres des taillis sous futaie.

Enfin des peuplements en sol assez bon, à fûts courts et à cimes amples, mais ayant crû à l'état de massif, présentent :

40 p. 100 de leur volume en bois d'œuvre ;				
28	—	—	en bois de feu quartier ;	
20	—	—	—	rondin ;
12	—	—	—	ramiers.

Ou bien encore sur 100 mètres cubes de bois de plus de $0^m,2$ de tour, il y a au plus 74 mètres cubes de bois d'œuvre dans des peuplements exceptionnellement élancés, âgés et complets ; des peuplements beaux, bien pleins et en bon sol en ont à peine 45 à 55. De vieux chênes isolés de 1 mètre de diamètre et plus ont à peine 30 p. 100 de leur volume en bois d'œuvre.

Les éclaircies, dans des bois de 60 à 100 ans, fournissent de 30 à 50 p. 100 de leurs produits en bois d'œuvre.

Les tables de production récentes renferment des renseignements sur les différentes catégories de marchandises représentées dans les produits intermédiaires.

Le tableau ci-après, page 174, en donne un exemple pour le sapin dans des conditions moyennes.

Tableau.

Répartition en différentes catégories de marchandises des produits intermédiaires d'un peuplement de sapin dans des conditions moyennes.

D'après M. Schuberg.

CATÉGORIES DE MARCHANDISES.	ÉPOQUE DE RÉALISATION DES PRODUITS INTERMÉDIAIRES.								
	31 à 40 ans.	41 à 50 ans.	51 à 60 ans.	61 à 70 ans.	71 à 80 ans.	81 à 90 ans.	91 à 100 ans.	101 à 110 ans.	110 à 120 ans.
Bois d'œuvre :	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
De plus de 0m,07 de diamètre[1] . . .	»	12	29	46	57	61	63	64	65
De moins de 0m,07 de diamètre[2]. . .	18	28	12	6	3	2	»	»	»
Bois de chauffage :									
Quartier.	»	»	»	2	3	4	5	7	9
Rondin	5	10	16	15	15	15	14	12	9
Fagots de menu bois	77	50	43	31	22	18	18	17	17

1. Perches à houblon de 1re qualité, menue charpente, charpente et bois de sciage.
2. Perches à houblon 2e et 3e qualité.

§ 5. — La valeur des peuplements.

En appliquant aux données renfermées dans les tableaux du paragraphe précédent les prix locaux et momentanés des différentes catégories de marchandises, nous pouvons déterminer la marche du développement de la valeur d'un peuplement[1]. Les figures 112 à 115 représentent ce développement pour différentes essences.

1. L'étude du développement de la valeur en argent des peuplements, pas plus que celle de leur volume, n'est une nouveauté dans la science forestière. On trouvera dans le premier mémoire de Varenne de Fenille (1790) un tableau des valeurs que prend, avec l'âge, un peuplement de taillis ; l'auteur se livre à cette étude en vue de rechercher l'âge d'exploitation le plus avantageux au point de vue financier par une méthode qui lui est propre.

Auparavant déjà, de Perthuis avait calculé, sous le nom de *feuille*, l'accroissement moyen de la valeur des peuplements ou, ce qui est la même chose, la rente d'une forêt aménagée dans ses variations avec l'âge d'exploitation. En appliquant aux données qu'il avait recueillies sur le rendement en matière les prix de vente des bois de l'année 1788, il avait constaté que des taillis en très bon sol (sols sur lesquels la longueur des pousses annuelles dépasse 18 pouces à 20 ans) doivent être coupés à 70 ans pour fournir la rente maxima, qui serait alors de 63 livres par arpent. Sur des sols

Nous pourrions, à propos de la valeur, faire les mêmes études que nous avons faites sur le volume.

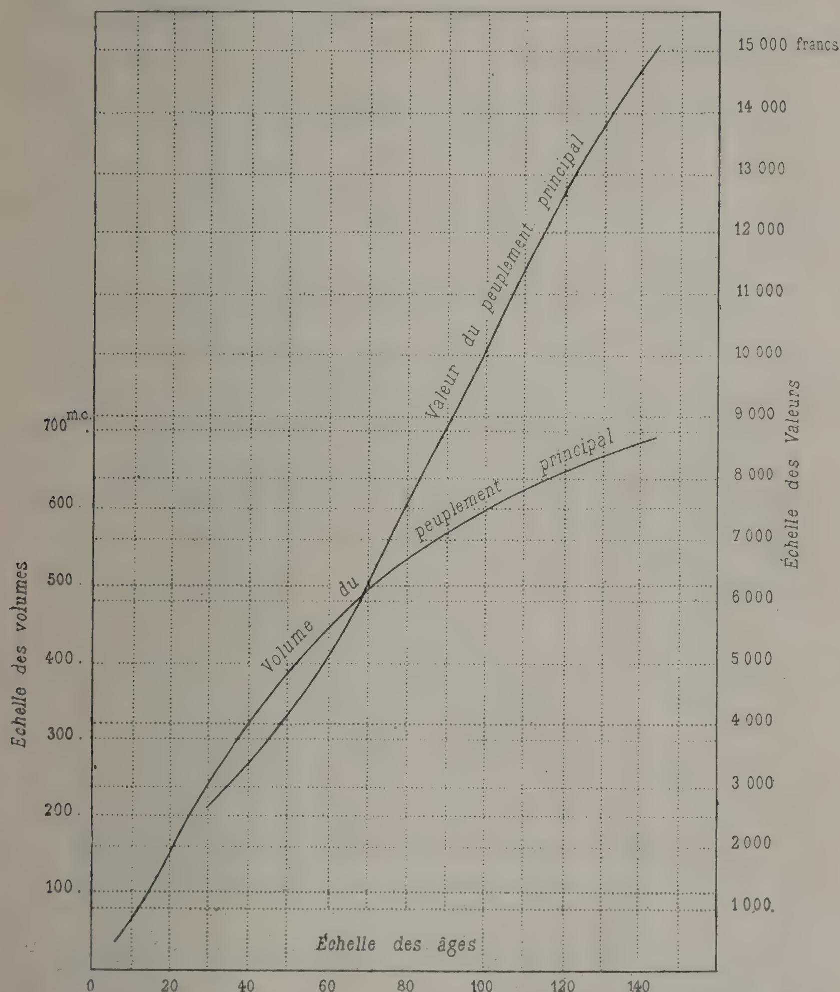


Fig. 112. — Développements comparés du volume et de la valeur dans un peuplement de pins sylvestres. Conditions de végétation très bonnes (d'après M. Schwappach).

Nous nous contenterons d'indiquer rapidement les résultats fournis par les dernières tables de production publiées par M. Schwappach.

---

moyens, le maximum de l'accroissement moyen de la valeur se produirait à 35 ans et les taillis coupés à cet âge fourniraient un revenu de 29 livres par arpent et par an, ou, sensiblement, de 58 fr. par hectare et par an. (*Traité de l'aménagement*, etc., chapitre IV, section VI.)

Taux d'accroissement et accroissements de la valeur. — Le développement de la valeur d'un peuplement est plus rapide que celui de son volume à tous les âges. Il est facile de montrer qu'il en est nécessairement ainsi.

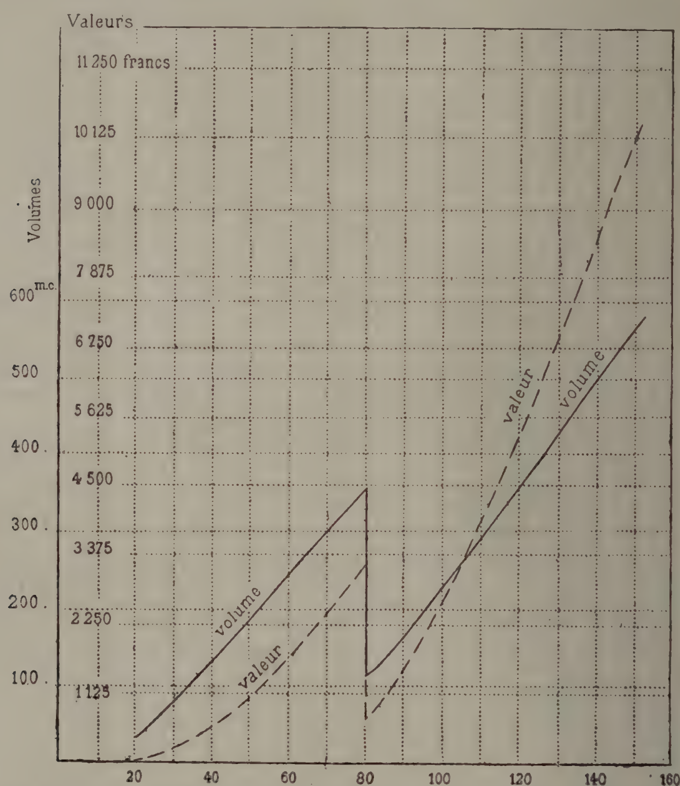


Fig. 113. — Développements comparés du volume et de la valeur d'un peuplement de chêne (d'après M. Burckhardt). [Voir fig. 101].

En effet, soient P la valeur d'un peuplement, v son volume et p le prix du mètre cube. On a

$$P = pv$$

d'où

$$\Delta P = v\Delta p + p\Delta v + \Delta p\,\Delta v$$

ou, en négligeant le terme du 2e ordre,

$$\Delta P = v\Delta p + p\Delta v$$

et

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta v}{v}.$$

DÉVELOPPEMENT DE LA HAUTEUR DES ARBRES

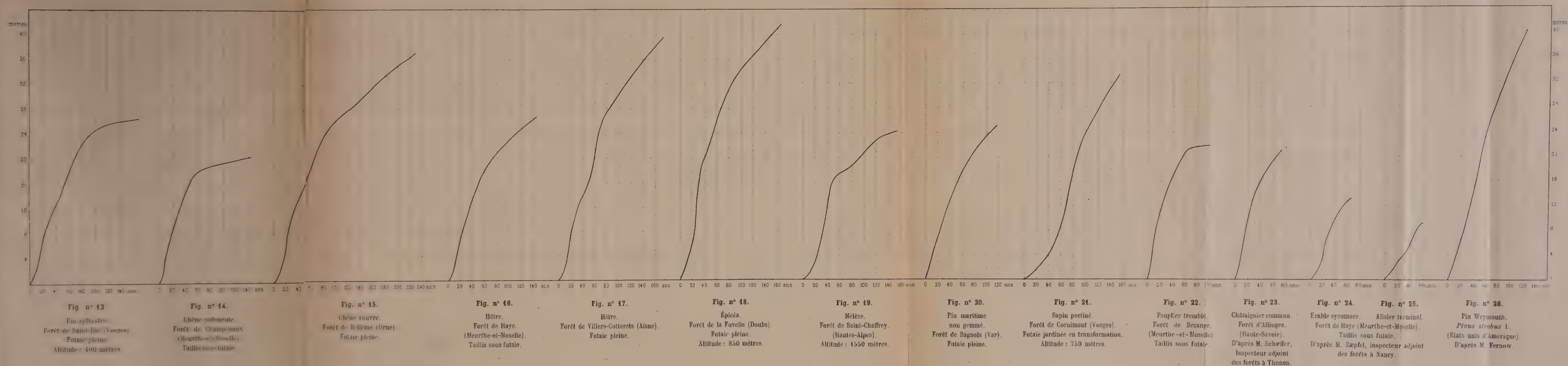


Fig. n° 13
Pin sylvestre.
Forêt de Saint-Dié (Vosges)
Futaie pleine.
Altitude : 400 mètres

Fig. n° 14.
Chêne pédonculé
Forêt de Champenoux
(Meurthe-et-Moselle)
Taillis sous futaie

Fig. n° 15.
Chêne rouvre.
Forêt de Bellême (Orne)
Futaie pleine.

Fig. n° 16.
Hêtre.
Forêt de Haye.
(Meurthe-et-Moselle).
Taillis sous futaie.

Fig. n° 17.
Hêtre.
Forêt de Villers-Cotterets (Aisne).
Futaie pleine.

Fig. n° 18.
Épicéa.
Forêt de la Fuvelle (Doubs).
Futaie pleine.
Altitude : 850 mètres.

Fig. n° 19.
Mélèze.
Forêt de Saint-Chaffrey.
(Hautes-Alpes).
Altitude : 1550 mètres.

Fig. n° 20.
Pin maritime
non gemmé.
Forêt de Bagnols (Var).
Futaie pleine.

Fig. n° 21.
Sapin pectiné.
Forêt de Cornimont (Vosges).
Futaie jardinée en transformation.
Altitude : 750 mètres.

Fig. n° 22.
Peuplier tremble.
Forêt de Bezange.
(Meurthe-et-Moselle)
Taillis sous futaie.

Fig. n° 23.
Châtaignier commun.
Forêt d'Allinges.
(Haute-Savoie).
D'après M. Schæffer,
Inspecteur adjoint
des forêts à Thonon.

Fig. n° 24. Erable sycomore. **Fig. n° 25.** Alisier torminal.
Forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle).
Taillis sous futaie.
D'après M. Zæpfel, inspecteur adjoint
des forêts à Nancy.

Fig. n° 26.
Pin Weymouth.
Pinus strobus L.
(États unis d'Amérique).
D'après M. Fernow.

NANCY, BERGER-LEVRAULT & Cie

FORME DES TIGES D'ARBRES

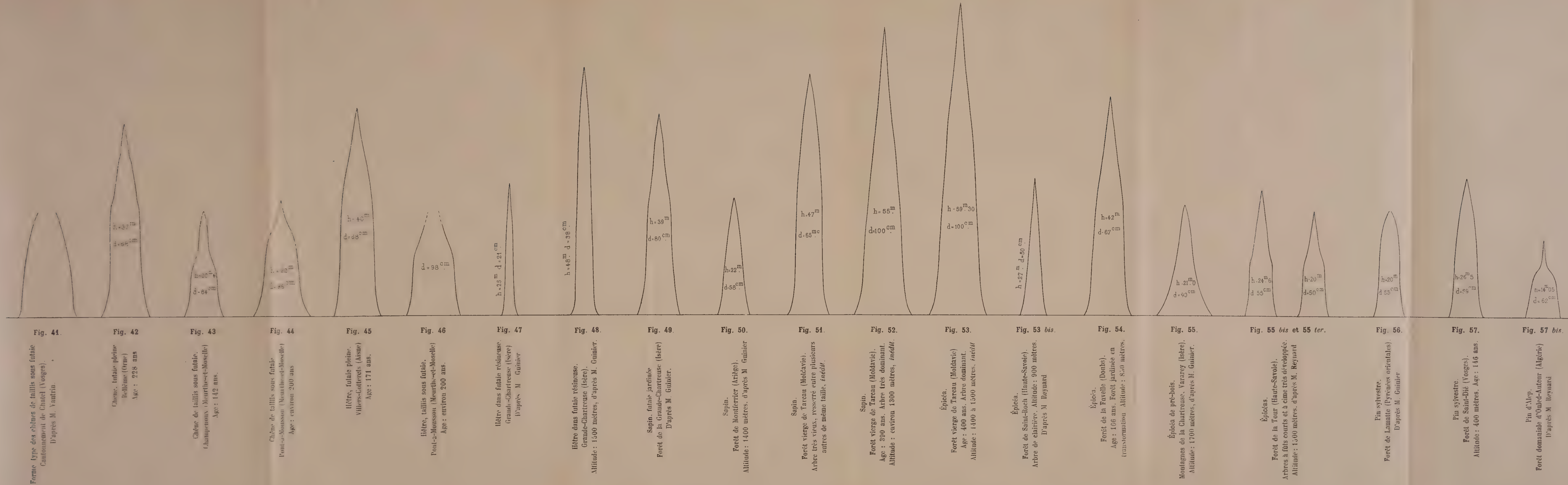


Fig. 41. Forme type des chênes de taillis sous futaie. Cantonnement de Chatel (Vosges). D'après M. Vautrin.

Fig. 42. Chêne, futaie pleine. Bellême (Orne). Age : 228 ans.

Fig. 43. Chêne de taillis sous futaie. Champenoux (Meurthe-et-Moselle). Age : 142 ans.

Fig. 44. Chêne de taillis sous futaie. Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle). Age : environ 200 ans.

Fig. 45. Hêtre, futaie pleine. Villers-Cotterets (Aisne). Age : 171 ans.

Fig. 46. Hêtre, taillis sous futaie. Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle). Age : environ 200 ans.

Fig. 47. Hêtre dans futaie résineuse. Grande-Chartreuse (Isère). D'après M. Guinier.

Fig. 48. Hêtre dans futaie résineuse. Grande-Chartreuse (Isère). Altitude : 1300 mètres, d'après M. Guinier.

Fig. 49. Sapin, futaie jardinée. Forêt de la Grande-Chartreuse (Isère). D'après M. Guinier.

Fig. 50. Sapin. Forêt de Montferrier (Ariège). Altitude : 1400 mètres, d'après M. Guinier.

Fig. 51. Sapin. Forêt vierge de Tarcau (Moldavie). Arbre très vieux, resserré entre plusieurs autres de même taille, *inédit*.

Fig. 52. Sapin. Forêt vierge de Tarcau (Moldavie). Age : 390 ans. Arbre très dominant. Altitude : environ 1300 mètres, *inédit*.

Fig. 53. Épicéa. Forêt vierge de Tarcau (Moldavie). Age : 400 ans. Arbre dominant. Altitude : 1400 à 1500 mètres, *inédit*.

Fig. 53 *bis*. Épicéa. Forêt de Saint-Roch (Haute-Savoie). Arbre de clairière. Altitude : 900 mètres. D'après M. Reynard.

Fig. 54. Épicéa. Forêt de la Favelle (Doubs). Age : 166 ans. Forêt jardinée en transformation. Altitude : 850 mètres.

Fig. 55. Épicéa de pré-bois. Montagnes de la Chartreuse, Vararey (Isère). Altitude : 1700 mètres, d'après M. Guinier.

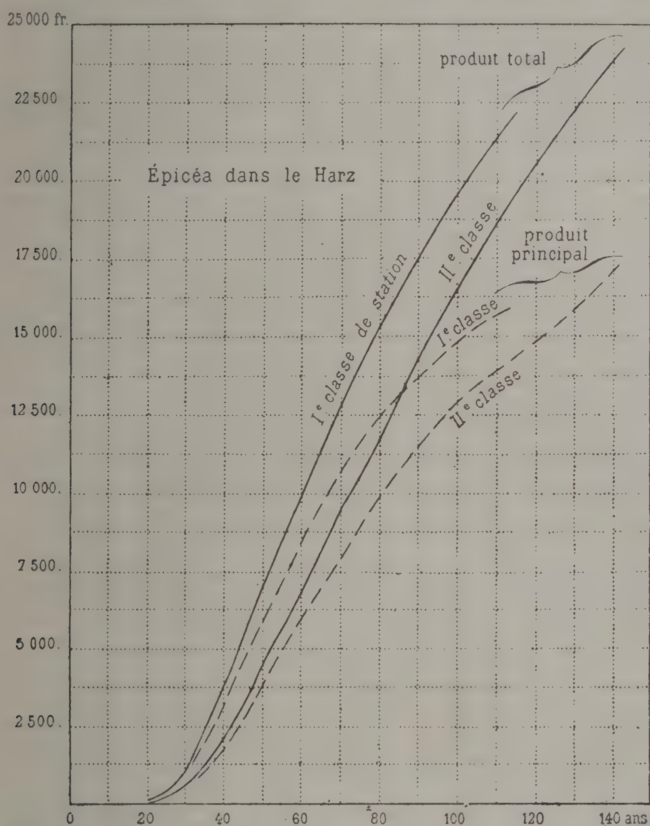
Fig. 55 *bis* et 55 *ter*. Épicéas. Forêt de la Tour (Haute-Savoie). Arbres à fûts courts et à cime très développée. Altitude : 1300 mètres, d'après M. Reynard.

Fig. 56. Pin sylvestre. Forêt de Lamatte (Pyrénées orientales). D'après M. Guinier.

Fig. 57. Pin sylvestre. Forêt de Saint-Dié (Vosges). Altitude : 400 mètres. Age : 146 ans.

Fig. 57 *bis*. Pin d'Alep. Forêt domaniale d'Ouled-Anteur (Algérie). D'après M. Reynard.

C'est-à-dire que le taux auquel s'accroît la valeur est égal à celui auquel s'accroît le volume augmenté de celui auquel s'accroît le



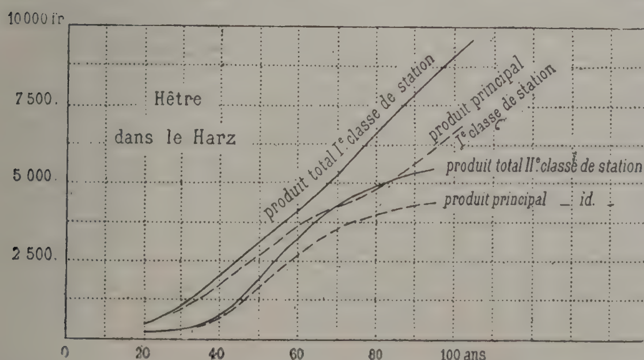


Fig. 114 et 115. — Produit, en argent, pour divers âges d'exploitation, de forêts aménagées d'épicéa et de hêtre dans les montagnes du Harz. Produits pour toute la surface de la série (d'après M. R. Hartig).

prix de l'unité de volume. Cette dernière quantité n'est jamais nulle puisque dans un peuplement, quel que soit son diamètre, le prix moyen du mètre cube du volume total va constamment en augmentant avec l'âge[1].

L'accroissement de la valeur d'un peuplement se fait d'une façon assez irrégulière à cause de la limite arbitraire qui sépare les différentes catégories de marchandises du commerce. Si le prix du mètre cube variait d'une façon continue avec le diamètre, l'évolution de la valeur se ferait d'une façon aussi continue que celle du volume, mais il n'en est pas ainsi dans la pratique. Si $0^m,50$ de diamètre est la limite séparant les bois qui valent 45 fr. le mètre cube de ceux qui en valent 30, une tronce d'un mètre cube passera brusquement d'une

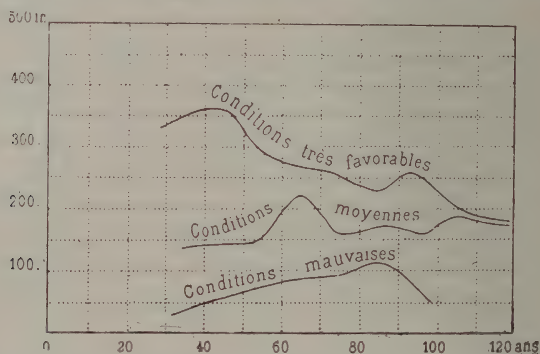


Fig. 116. — Accroissements annuels de la valeur du peuplement principal dans une futaie d'épicéa (d'après M. Schwappach).

valeur de 30 à 45 fr. pour une augmentation insignifiante de son volume si son diamètre est très voisin de $0^m,50$. Cependant, on peut dire que, d'une façon très générale, les accroissements de la valeur suivent une marche analogue à ceux du volume ; ils vont d'abord en croissant, passent par un maximum, puis diminuent. Le maximum paraît se produire plus tôt lorsque les conditions sont plus favorables à la végétation. C'est du moins ce que montre la figure 116. D'autres exemples confirment ce fait : en voici un que nous empruntons au *Traité d'aménagement* de M. Puton (t. I, p. 288).

---

1. En effet, la proportion, dans ce volume total, du volume des menus bois et des bois de chauffage de peu de valeur va constamment en diminuant.

Dans le centre de la France un peuplement de pins sylvestres, dans des conditions moyennes, présente à :

20 ans, une valeur de . . .	450 fr.	60 ans, une valeur de . . .	3,600 fr.
30 — — de . . .	900 fr.	70 — — de . . .	5,000 fr.
40 — — de . . .	1,500 fr.	80 — — de . . .	6,000 fr.
50 — — de . . .	2,600 fr.		

Les accroissements de la valeur sont donc :

De 20 à 30 ans . . .	45 fr. par an.	De 50 à 60 ans . . .	100 fr. par an.
De 30 à 40 ans . . .	60 —	De 60 à 70 ans . . .	140 —
De 40 à 50 ans . . .	110 —	De 70 à 80 ans . . .	100 —

On voit ici encore un maximum se produire vers 60 à 70 ans.

D'après M. Schwappach, un peuplement de pins sylvestres, dans les environs de Berlin, et en sol relativement bon, accroît sa valeur de :

72 fr. par an	de 30 à 40 ans.	96 fr. par an . . .	de 90 à 100 ans.
55 —	de 40 à 50 —	116 — . . .	de 100 à 110 —
68 —	de 50 à 60 —	109 — . . .	de 110 à 120 —
65 —	de 60 à 70 —	105 — . . .	de 120 à 130 —
108 —	de 70 à 80 —	74 — . . .	de 130 à 140 —
82 —	de 80 à 90 —		

Dans ce cas le maximum se produirait vers 100 ans ou, plutôt, il y aurait deux maxima, l'un vers 70 ans et l'autre vers 100 ans.

Les accroissements moyens de la valeur se déduisent des accroissements annuels exactement comme les accroissements moyens du volume se déduisent des accroissements annuels du volume. Ils devraient donc, théoriquement, passer par un maximum qui se produirait plus tard que celui de l'accroissement annuel, mais, en fait, il est assez rare qu'on observe une culmination de l'accroissement moyen. Ce n'est que dans des conditions tout à fait exceptionnelles qu'on a l'occasion d'en constater avant la maturité des massifs.

On démontrerait facilement que la production annuelle en argent, par hectare, dans une forêt aménagée en futaie pleine, est égale à

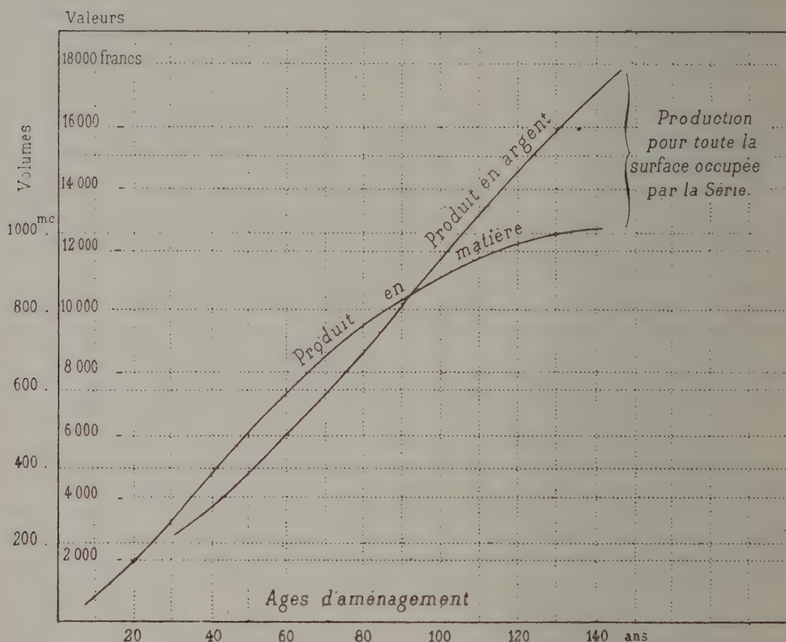


Fig. 117. — **Production, en matière et en argent, *d'une série* aménagée de pin sylvestre, dans des conditions très favorables, pour divers âges d'aménagement. Produit total, produits principaux et intermédiaires réunis (d'après M. Schwappach).**

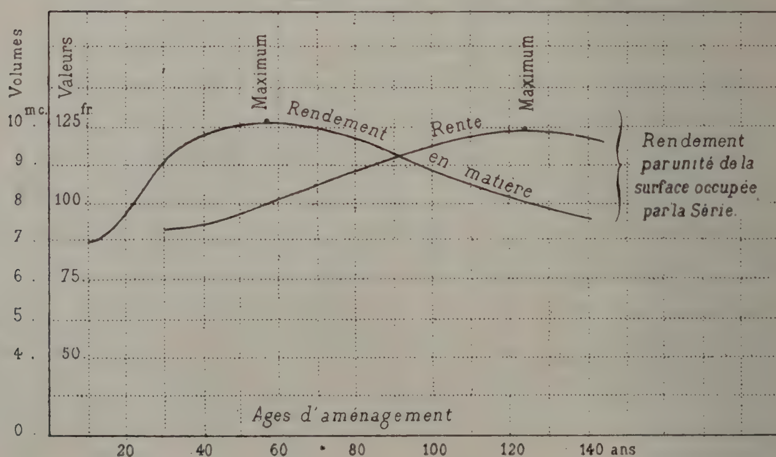


Fig. 118. — Rendement, en matière et en argent *par hectare*, d'une série aménagée de pin sylvestre, pour divers âges d'aménagement, dans des conditions très favorables. Rendement total, produits principaux et intermédiaires réunis (d'après M. Schwappach).

l'accroissement moyen de la valeur des peuplements à l'âge d'exploitation [1]. Le revenu en argent par hectare et par an porte le nom de *rente*.

On peut donc, en répétant ce que nous venons de dire, affirmer que *la rente d'une exploitation de futaie pleine aménagée va en augmentant indéfiniment avec l'âge d'exploitation* [2].

Production en argent. — Lorsque, dans le revenu en argent, on tient compte des produits intermédiaires que fournit une série de forêt aménagée, on obtient la production en argent. Si on divise cette production par l'âge d'exploitation, on obtient la production moyenne en argent appelée aussi *rente totale* ou rendement total en argent. La rente totale est le revenu en argent, par hectare et par an, produits principaux et intermédiaires réunis, d'une forêt aménagée. Les tableaux suivants montreront que la rente totale, de même que la rente en produits principaux, va généralement en augmentant avec l'âge d'exploitation.

Rente totale d'une série aménagée d'une forêt de pin sylvestre.

D'après M. Schwappach.

AGE D'EXPLOITATION.	CONDITIONS			AGE D'EXPLOITATION.	CONDITIONS		
	très favorables.	moyennes.	mauvaises.		très favorables.	moyennes.	mauvaises.
30 ans.	74 marcs.	51 marcs.	16 marcs.	90 ans.	92 marcs.	50 marcs.	21 marcs.
40 —	74 —	47 —	20 —	100 —	95 —	52 —	20 —
50 —	77 —	48 —	23 —	110 —	97 —	53 —	» —
60 —	82 —	47 —	22 —	120 —	98 —	54 —	» —
70 —	85 —	50 —	23 —	130 —	98 —	» —	» —
80 —	88 —	49 —	22 —	140 —	97 —	» —	» —

1. En effet, si S est la surface d'une série normale aménagée à n ans ; si a_1 a_2 a_3 ... a_n sont les accroissements que prend, à l'unité de surface, la valeur d'un peuplement pendant sa 1re, 2e, 3e.... n^{me} année ; la récolte, qui est formée par un peuplement de n ans couvrant une surface $\frac{S}{n}$, a pour valeur $\frac{S}{n}(a_1 + a_2 + a_3 + \ldots a_n)$ ou, à l'unité de surface de la série, $\frac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n}{n}$, ce qui est bien l'accroissement moyen de la valeur d'un peuplement à l'âge n.

2. Voir le *Traité d'économie forestière* de M. Puton, t. I, p. 243.

Rente totale d'une série aménagée d'une forêt d'épicéa.

D'après M. Schwappach.

AGE D'EXPLOITATION.	CONDITIONS TRÈS FAVORABLES.					CONDITIONS MOYENNES.					CONDITIONS MAUVAISES.				
	PRODUIT principal.	PRODUITS intermédiaires de différents âges.	SOMME des produits intermédiaires dans la série.	PRODUIT total.	RENTE totale.	PRODUIT principal.	PRODUITS intermédiaires de différents âges.	SOMME des produits intermédiaires dans la série.	PRODUIT total.	RENTE totale.	PRODUIT principal.	PRODUITS intermédiaires de différents âges.	SOMME des produits intermédiaires dans la série.	PRODUIT total.	RENTE totale.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ans.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.
30	2,363	74	74	2,437	81	631	»	»	681	23	146	»	»	146	5
40	5,143	193	267	5,410	135	1,628	45	45	1,673	42	337	»	»	387	10
50	7,976	368	635	8,611	172	2,723	140	185	2,908	58	782	34	34	816	16
60	10,276	544	1,179	11,455	191	3,860	238	423	4,283	71	1,305	63	97	1,402	23
70	12,302	624	1,803	14,105	202	5,619	268	691	6,310	90	1,927	84	181	2,108	30
80	14,297	631	2,434	16,731	209	6,877	262	953	7,830	98	2,592	90	271	2,863	33
90	16,116	589	3,023	19,139	213	8,234	242	1,195	9,429	105	3,458	80	351	3,809	42
100	18,172	526	3,549	21,721	217	9,514	255	1,450	10,964	110	3,992	72	423	4,415	44
110	19,740	473	4,022	23,762	216	10,984	232	1,682	12,666	115	»	»	»	»	»
120	21,329	445	4,467	25,796	215	12,427	212	1,894	14,321	119	»	»	»	»	»

Dans les tableaux ci-devant les prix sont estimés en marcs; le marc vaut environ 1 fr. 23 c. à 1 fr. 24 c. Nous avons cru inutile de les convertir en francs, attendu que les valeurs absolues nous intéressent peu; ce sont les variations de la valeur qui nous occupent et pour l'étude de ces dernières il est indifférent que les prix soient mesurés avec une unité ou une autre. Les prix de vente adoptés pour l'épicéa sont les prix moyens réalisés, de 1887 à 1889, dans une série de cantonnements forestiers de l'Allemagne centrale; ceux du pin sylvestre sont les prix d'estimation de 1888, dans les environs de Berlin (à Eberswalde).

Dans le tableau relatif à l'épicéa, les colonnes 2, 7 et 12 donnent la valeur du produit principal et les colonnes 3, 8 et 13, celle du produit intermédiaire à réaliser aux différents âges portés dans la colonne 1. Les colonnes 4, 9 et 14 totalisent la valeur de tous les produits intermédiaires à réaliser annuellement dans une forêt aménagée à l'âge porté dans la colonne 1. C'est ainsi que le nombre correspondant à l'âge 70 dans la colonne 4, est la somme des nombres correspondants aux âges 30, 40, 50, 60 et 70 dans la colonne 3. Les colonnes 5, 10 et 15 totalisent les nombres correspondants des colonnes 2 et 4, 7 et 9, 12 et 14. Les nombres des colonnes 6, 11 et 16 sont les quotients de ceux des colonnes 5, 10 et 15 par ceux de la colonne 1; le quotient du produit total à l'âge n par n, c'est la production moyenne totale, ou encore la rente totale à l'âge n.

Toutes les valeurs des produits principaux et intermédiaires étant nettes, c'est-à-dire déduction faite de tous frais de création de peuplements, gestion, récolte, impôts, etc., etc., les colonnes 6, 11 et 16 donnent la *rente totale nette* d'une forêt aménagée pour différents âges d'exploitation. De même le tableau relatif au pin sylvestre nous donne la rente totale nette.

§ 6. — Le taux de placement des exploitations aménagées en futaie pleine.

Définition. — Le taux de placement est le rapport du produit total en argent au capital engagé dans l'exploitation.

Estimation du capital engagé. — Dans le capital engagé nous distinguerons ici deux éléments : d'une part, les bois en croissance ou la superficie, et, d'autre part, le fonds. Nous connaissons, par les tables du paragraphe précédent, la valeur des peuplements de différents âges ; nous pouvons donc calculer sans difficulté la valeur de la superficie d'une série de n hectares couverte de bois de 1 à n ans à chaque âge étant réservée une étendue de 1 hectare. Voici comment nous avons disposé nos calculs.

Soit a la valeur du peuplement principal, a' la valeur du peuplement accessoire (ou produit intermédiaire) à 30 ans ; soient b et b' ces valeurs à 40 ans ; c et c' à 50 ans, etc. Nous prendrons $a + a'$ comme valeur moyenne superficielle de l'hectare âgé de 26 à 35 ans ; $b + b'$ comme valeur de 36 à 45 ; $c + c'$ comme valeur de 46 à 55 ans, etc. De sorte que la valeur de la superficie d'une série aménagée à 30 ans sera, les bois sur pied de moins de 25 ans étant supposés sans valeur :

	5 hectares de bois de	26 à 30 ans valant . .	$5\,(a + a')$.
Pour une série aménagée à 40 ans . . .	10 —	26 à 35 — . .	$10\,(a + a')$.
	5 —	36 à 40 — . .	$5\,(b + b')$.
Pour une série aménagée à 50 ans . . .	10 —	26 à 35 — . .	$10\,(a + a')$.
	10 —	36 à 45 — . .	$10\,(b + b')$.
	5 —	46 à 50 — . .	$5\,(c + c')$.

Le second élément du capital, le fonds, comprend principalement le sol de la forêt avec tout ce qui s'y trouve incorporé et y reste fixé après la réalisation de la récolte : telles sont, parmi les valeurs incorporées au sol, l'ensouchement (pour les taillis), les semis naturels ou graines, l'humus, etc., les fossés de drainage, ceux de périmètre, les bornes de délimitation, les lignes de parcelles, les

routes, etc. Cet élément de la valeur croît proportionnellement à l'âge d'exploitation, car il est de toute évidence que pour obtenir annuellement 1 hectare de peuplement de n ans il faut autant d'hectares que n renferme d'années.

Variation, avec l'âge d'exploitation, du taux de placement d'une futaie aménagée de pin sylvestre et d'épicéa.

AGES.	CAPITAL ENGAGÉ en centaines de marcs.			REVENU EN ARGENT en centaines de marcs.				RENTE ou REVENU annuel par hectare.	TAUX de PLACEMENT de la forêt.
	FONDS.	SUPERFICIE. (Peuplement principal et accessoire.)	FONDS et SUPERFICIE.	PRODUIT principal.	PRODUIT intermédiaire.	SOMME des produits intermédiaires.	REVENU total annuel.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pin sylvestre croissant dans des conditions très favorables.									
								marcs.	p. 100.
30 ans.	240	116	356	21.2	1	1	22.2	74	6.25
40 —	320	372	692	27	1.5	2.5	29.5	73.8	4.27
50 —	400	697	1,097	34	2	4.4	38.3	77	3.50
60 —	480	1,099	1,579	42	2.2	6.6	48.9	81	3.10
70 —	560	1,588	2,148	51	2.1	8.8	59.6	85	2.78
80 —	640	2,163	2,803	60	2	10.7	70.7	88.5	2.52
90 —	720	2,828	3,548	70	1.6	12.3	82.6	92	2.32
100 —	800	3,597	4,397	81	1.4	13.7	94.5	95	2.14
110 —	880	4,472	5,352	91.5	1.2	15.0	106.5	97	1.98
120 —	960	5,445	6,405	101	1.1	16.1	117.1	98	1.82
130 —	1,040	6,510	7,550	110	1	17.1	126.8	98	1.68
140 —	1,120	7,660	8,780	118	1	18.1	136.4	97	1.55
Épicéa croissant dans des conditions moyennes.									
								marcs.	p. 100.
30 ans.	240	136	376	7	»	»	7	23	1.80
40 —	320	256	576	16.3	0.45	0.45	16.7	42	2.90
50 —	400	487	887	27.2	1.4	1.9	29	58	3.29
60 —	480	839	1,319	38.6	2.4	4.2	42.8	71	3.23
70 —	560	1,340	1,900	56	2.7	6.9	63.1	90	3.32
80 —	640	1,991	2,631	68.7	2.6	9.5	78.3	98	2.98
90 —	720	2,771	3,491	82	2.4	11.9	94.2	105	2.70
100 —	800	3,683	4,483	95	2.55	14.5	109.6	110	2.44
110 —	880	4,731	5,611	110	2.3	16.8	126.7	115	2.25
120 —	960	5,923	6,883	124	2.1	18.9	143	119	2.07

Dans les tableaux ci-dessus nous avons supposé que le fonds, ainsi défini, valait 800 marcs (environ 985 fr.) l'hectare. Si l'âge d'exploitation est de 50 ans, la contenance de la forêt fournissant 1 hectare

de peuplement comme récolte principale annuelle, sera de 50 hectares et la valeur du fonds sera de $50 \times 800 = 40{,}000$; si l'âge d'exploitation est de 80 ans, elle sera $80 \times 800 = 64{,}000$, etc.

C'est ainsi qu'ont été établis les nombres de la colonne 2. Les colonnes 5, 6, 7, 8 et 9 sont établies comme les colonnes 2, 3, 4, 5 et 6 des tableaux relatifs à la rente. Enfin la colonne 10 donne le taux de placement, quotient du nombre de la colonne 8 par celui de la colonne 4.

Variations du taux de placement. — Le taux de placement d'une forêt aménagée varie avec l'âge d'exploitation. Nul d'abord, puis

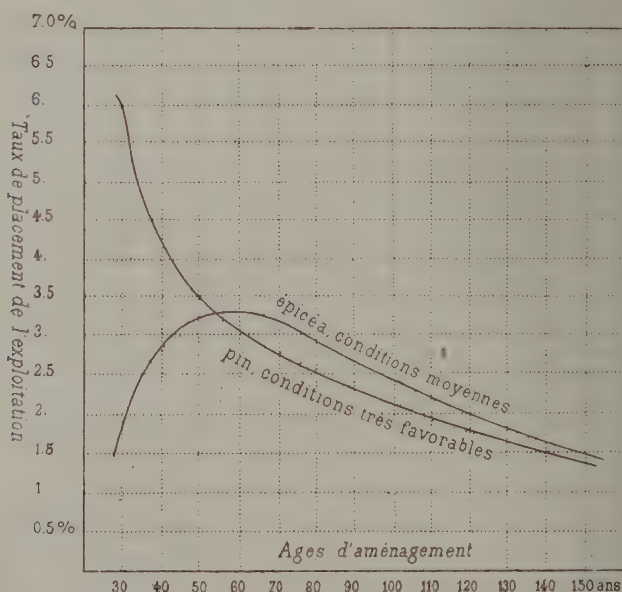


Fig. 119. — Variations, avec l'âge d'aménagement, du taux de placement d'une forêt aménagée.

très faible pour des âges peu avancés, il croît rapidement et passe par un maximum qui se produit d'autant plus tôt et dont la valeur absolue est d'autant plus grande que le développement de la valeur est plus rapide. Dans l'exemple figuré ci-dessus, le maximum se produit un peu avant 30 ans pour un peuplement de pins croissant dans des conditions très favorables et il est alors de 6 1/4 p. 100 environ ;

vers 60 ans pour un peuplement d'épicéa dans des conditions moyennes et il est alors de 3 1/3 p. 100. A partir de ce maximum le taux de placement va en diminuant continuellement à mesure que l'âge d'exploitation augmente, quoique, d'une façon générale, de moins en moins rapidement[1].

Taux indicateur. — Supposons que l'on ait acquis un hectare de terrain et qu'on y ait semé des graines d'arbres ; le semis opéré et les graines levées, la dépense totale effectuée est, par exemple, S.

Le peuplement se développe et ne tarde pas à fournir des produits intermédiaires valant I_{30} I_{40} I_{50}....., etc., aux âges de 30, 40, 50 ans, etc. Nous plaçons ces sommes à intérêts composés au taux t au fur et à mesure de leur réalisation.

Au bout de n ans, le peuplement principal aura une valeur P_n. Les produits des diverses éclaircies seront devenus

$$I_{30}(1+t)^{n-30} \quad I_{40}(1+t)^{n-40} \quad I_{50}(1+t)^{n-50} \ldots\ldots \text{ etc.}$$

La production totale sera donc, si nous réalisons le peuplement principal à l'âge n,

$$P_n + I_{30}(1+t)^{n-30} + I_{40}(1+t)^{n-40} + I_{50}(1+t)^{n-50} + \cdots\cdots$$

Si nous voulons savoir quel taux moyen d'intérêt x du capital engagé S nous a servi notre entreprise, nous écrirons

$$S(1+x)^n - S = P_n + I_{30}(1+t)^{n-30} + I_{40}(1+t)^{n-40} + I_{50}(1+t)^{n-50} + \cdots\cdots$$

car le produit de S en n ans au taux x est $S(1+x)^n - S$. De cette équation nous tirons immédiatement

$$x = \sqrt[n]{\frac{P_n + I_{30}(1+t)^{n-30} + I_{40}(1+t)^{n-40} + I_{50}(1+t)^{n-50} + \cdots\cdots}{S} + 1} - 1.$$

Le taux x varie naturellement avec n[2]. Sa grandeur pour une valeur donnée de n nous indiquera à quel taux fonctionnera le capital engagé dans notre entreprise, si nous adoptons l'âge d'exploitation n. Si nous

1. Voir *Traité d'économie forestière* de M. Puton, t. I, p. 271.

2. Et aussi avec t et avec S. — S est une quantité que l'on peut déterminer sans arbitraire, mais t est une valeur arbitraire. Nous n'avons à nous occuper ici que de x fonction de n.

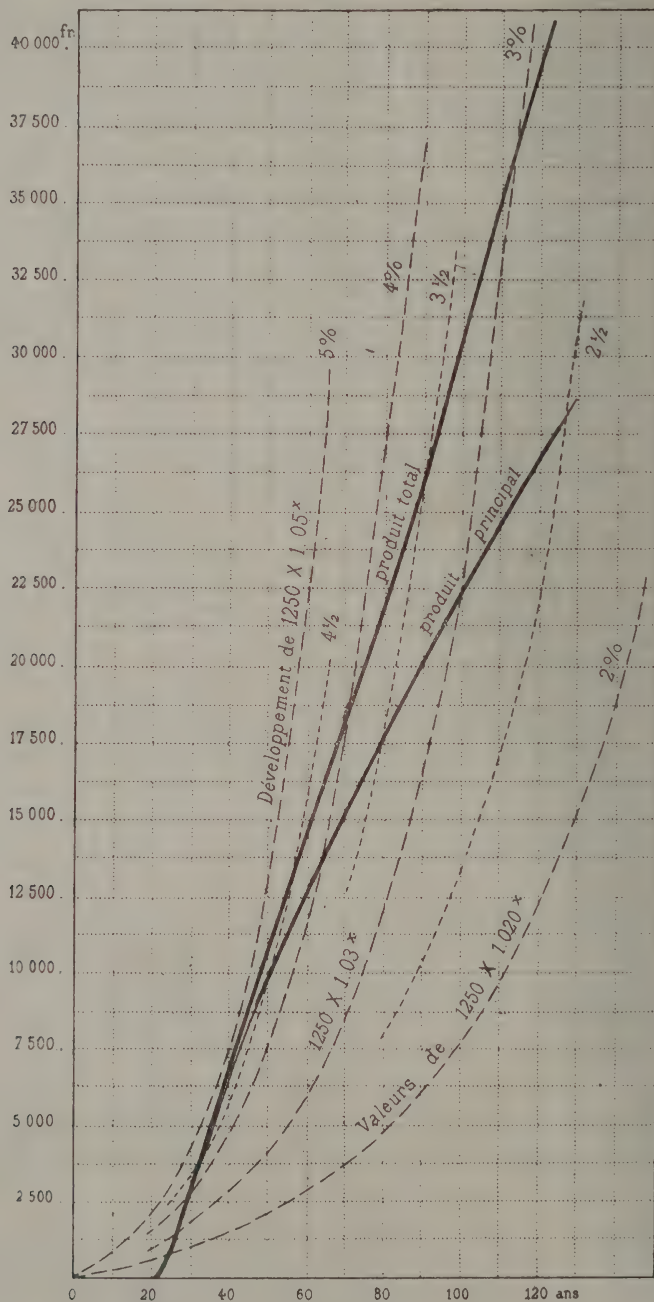

40 000 fr.
37 500
35 000
32 500
30 000
27 500
25 000
22 500
20 000
17 500
15 000
12 500
10 000
7 500
5 000
2 500
0
20
40
60
80
100
120 ans
3%
4%
3 ½
5%
2 ½
Développement de 1250 X 1.05ˣ
produit total
produit principal
4 ½
2%
1250 X 1.03ˣ
Valeurs de 1250 X 1.020ˣ

Fig. 120.

voulons (c'est le cas habituel) un âge d'exploitation aussi avancé que possible[1] sans pourtant que le taux descende au-dessous d'un minimum que nous fixons, c'est encore cette formule qui nous indiquera l'âge d'exploitation à adopter.

Au lieu de la résoudre pour un nombre suffisant de valeurs de n et de faire un tableau des valeurs de x correspondantes, il est plus simple d'employer un procédé graphique comme celui qui est indiqué par la figure 120 ci-contre. Nous l'avons construite dans l'hypothèse où, le sol et tous les autres éléments du revenu se présentant dans des conditions très favorables, le capital initial S serait de 1,250 fr. et où les valeurs des produits principaux et intermédiaires (celles-ci étant placées à intérêts composés à 3 p. 100 à mesure de leur réalisation) seraient celles données par M. Schwappach, dans ses tables pour l'épicéa. Les deux lignes en trait fort indiquent l'une le développement de P_n et l'autre celui de $P_n + I_{30}(1 + 0{,}03)^{n-30} + \ldots\ldots$ Les traits pointillés figurent le développement de la valeur d'une somme de 1,250 fr., placée à intérêts composés à divers taux variant de 2 à 5 p. 100. Un simple coup d'œil sur la figure montre que si l'on veut obtenir du capital engagé un intérêt de 4 p. 100, on devra réaliser le peuplement principal à 70 ans; si on le réalise à 100 ans, le taux sera compris entre 3 et 3.5 p. 100, etc..... On voit en même temps que le taux maximum serait obtenu vers 40 ans; il serait alors un peu inférieur à 5 p. 100. On peut aussi remarquer que, au moment de ce maximum les deux courbes étant tangentes, les taux d'accroissements annuels et moyens du capital engagé sont égaux[2].

Le taux variable x est une de ces grandeurs auxquelles les Allemands ont donné le nom de *taux indicateurs*[3]. C'est par un procédé de calcul analogue à celui que nous venons d'indiquer que certains auteurs ont proposé de calculer les âges d'exploitation à adopter dans les forêts. Cette façon d'opérer suppose, lorsqu'on l'applique au cas d'une série aménagée, que tous les peuplements en croissance ont, à l'âge a, une valeur

$$\frac{P_n}{(1 + x)^{n-a}}$$

escomptée, au taux x, de celle P_n, qu'ils auront à l'âge d'exploita-

---

1. De deux âges d'exploitation également avantageux à tous les autres points de vue il y a toujours intérêt à choisir le plus élevé, car c'est celui qui fournira le plus grand nombre de catégories de marchandises différentes et pour lequel, par suite, le revenu sera le moins sensible aux fluctuations du marché.

2. C'est là une démonstration élémentaire inédite de ce fait qu'au moment où le taux moyen est maximum il est égal au taux annuel. Comparez avec la démonstration graphique, également nouvelle, de la figure 9.

3. En allemand *Weiserprocent*. Voir à ce sujet les écrits de Pressler, de M. Kraft et de M. Judeich.

tion n[1]. C'est bien en effet la valeur qu'ils ont pour le propriétaire de la forêt; car pour lui un peuplement en croissance de a ans est une valeur à échéance de $n - a$ années, qui vaudra P_n à l'échéance et qui est englobée dans un capital qui produit intérêt au taux x. Si, au lieu d'estimer les bois en croissance à cette valeur *erga dominum,* nous les estimons d'après les marchandises qu'ils sont en état de fournir à celui qui les réalisera immédiatement (comme nous l'avons fait dans les tableaux qui précèdent), nous pourrons arriver à des résultats plus ou moins différents. Notons ici que la méthode que nous venons d'exposer est la seule applicable aux exploitations réglées à des âges très faibles où il est à la fois impossible de négliger la valeur des bois en croissance et de leur donner une valeur marchande qu'ils n'ont pas encore à cause de leur jeunesse. On est alors forcé de leur attribuer une valeur escomptée de celle qu'ils auront à l'âge d'exploitation.

Influence des éclaircies. — Ce serait ici le lieu de parler de l'influence des éclaircies sur le développement de la valeur des peuplements, sur la rente et le taux de placement des forêts. Les données numériques dignes de foi nous font malheureusement presque entièrement défaut, et nous devrons nous contenter de quelques généralités. (Voir fig. 113, page 176.)

Des éclaircies convenablement faites ne diminuent pas le rendement matière de la forêt, mais augmentent la proportion du produit intermédiaire et du bois de branchages dans ce revenu[2]. Il y a là une cause de diminution pour le rendement en argent; mais elle est compensée, et bien au delà, par la plus grande valeur du bois de tiges qui se présente avec un diamètre de 30 ou peut-être 50 p. 100 plus fort dans des forêts éclaircies (voir les figures 33 et 34). Comme la valeur de l'arbre croît au moins comme le cube du diamètre[3], on peut dire que pour un même âge le bois de tiges du peuplement éclairci a une valeur double à l'unité de volume de celui du peuplement non éclairci. On conçoit donc que des opérations bien dirigées puissent augmenter très sensiblement la rente. Leur action sur le taux de placement est encore plus considérable, parce que le capital engagé est augmenté dans une moindre proportion que le revenu. En effet, le capital engagé a un élément immuable : le fonds, dont les

---

1. Ceci peut passer pour évident, avec un peu de réflexion. On en trouvera une démonstration algébrique p. 270 du t. I du *Traité d'aménagement* de M. Puton.

2. Voir page 152 quelques chiffres relatifs au sapin.

3. En effet, le volume varie à peu près comme le carré du diamètre et le prix du mètre cube à peu près comme le diamètre.

éclaircies n'augmentent pas la valeur[1]; quand même l'autre élément (la superficie) de ce capital croîtrait dans la même proportion que le revenu (ce qui n'est pas probable), le taux de placement serait encore augmenté. Nous admettrons donc que, par suite d'éclaircies convenablement dirigées, une forêt aménagée à un âge déterminé fournit vraisemblablement, comparée à une autre forêt non éclaircie[2] :

1° Une quantité au moins égale sinon plus grande de bois de plus fort diamètre;

2° Un plus grand revenu en argent;

3° Une meilleure rémunération des capitaux engagés dans l'exploitation.

---

1. Si, comme certains auteurs l'ont fait, on voulait déduire la valeur du fonds de celle du revenu par l'emploi d'un taux d'escompte, il n'en serait plus tout à fait de même.

2. Un forestier allemand distingué, M. Wagener, a essayé de comparer la production en matière et en argent dans des peuplements éclaircis par le système allemand et dans des peuplements identiques où les arbres sont bien dégagés. Voici les résultats qu'il a publiés. (*Allgemeine F. et I. Zeitung,* volume de 1882.)

	ÉPICÉAS AGÉS					HÊTRES AGÉS				
	de 60 ans.	de 70 ans.	de 80 ans.	de 90 ans.	de 100 ans.	de 40 ans.	de 50 ans.	de 60 ans.	de 70 ans.	de 80 ans.
I. — *Hauteur moyenne.*										
	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.
Massif serré	19	21.5	23.7	25.5	27.1	»	»	»	»	»
Massif fortement éclairci.	19.2	20.9	25.4	23.9	25.3	10.4	11.9	13.0	13.9	14.7
II. — *Diamètre moyen à hauteur d'homme.*										
	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m	c/m
Massif serré	18.8	21.9	25.2	28.6	31.6	»	»	»	»	»
Massif fortement éclairci.	28.6	33.2	38.1	42.3	45.5	9.8	15.0	20.1	24.0	28.2
III. — *Volume en bois fort à l'hectare.*										
	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
Massif serré	521	632	734	819	899	»	»	»	»	341
Massif fortement éclairci.	555	645	730	799	863	180	267	338	392	442
IV. — *Valeur en argent à l'hectare.*										
	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.
Massif serré	4,565	5,989	7,548	8,995	10,407	»	»	»	»	3,736
Massif fortement éclairci.	5,729	7,266	8,825	10,249	11,639	2,610	3,839	4,945	5,745	6,523
V. — *Production moyenne en argent à l'hectare ou rente totale.*										
	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.	marcs.
Massif serré	76.1	85.5	93.1	99.9	101.1	»	»	»	»	46.7
Massif fortement éclairci.	95.5	103.8	110.3	113.9	116.4	65.2	76.8	82.4	82.1	81.5

Ces chiffres, très intéressants, auraient besoin d'être complétés et confirmés par des recherches faites en grand.

En terminant ce chapitre nous rappelons que la valeur d'un peuplement résulte du concours de deux sortes de facteurs. Les uns, naturels, tiennent à ce que, en vieillissant, les arbres fournissent, par mètre cube de produit, des proportions de plus en plus grandes de pièces de fort calibre. C'est là un phénomène naturel que nous pouvons étudier comme nous l'avons essayé dans les paragraphes 3 et 4 qui précèdent.

D'autres facteurs, les prix des différentes catégories de marchandises, se combinent avec les précédents pour fixer la valeur. Ces prix ne peuvent avoir d'exactitude que pour une époque et un lieu donnés ; ils dépendent du rapport de l'offre à la demande, de la production à la consommation qui est le régulateur de tous les prix et dont nous n'avons pas à parler ici.

Toutes nos conclusions sur la rente et le taux de placement des exploitations forestières ne sont donc vraies que dans les milieux pour lesquels elles ont été établies, c'est-à-dire dans des forêts où les bois se débitent comme nous l'avons supposé et où les différentes catégories de marchandises ont les prix que nous leur avons attribués. Une modification des conditions du marché peut les altérer plus ou moins sensiblement, surtout en ce qui concerne la rente. Le taux de placement est moins sujet à être impressionné par les fluctuations du marché, car les deux termes dont il est le rapport en sont modifiés dans le même sens : si les bois s'avilissent, la valeur du revenu diminue, mais celle de la superficie, qui est un des éléments du capital, diminue aussi et le taux de placement est moins changé que la rente.

Conclusion de l'étude du taux du placement. — De ce qui précède nous voulons retenir un fait qu'il importe de mettre en lumière à cause de l'extrême importance économique et politique de ses conséquences.

Quel que puisse devenir le prix des bois, il sera toujours vrai qu'à des âges d'exploitation élevés correspond un taux de placement extrêmement faible. — Un renchérissement des bois de fortes dimensions n'a qu'une action insignifiante pour augmenter ce taux, car, nous le répétons, s'il fait augmenter le revenu, il fait aussi aug-

menter le capital engagé. Aussi les propriétaires particuliers ne sont pas et ne seront jamais des producteurs de gros arbres : assez d'autres emplois offriront toujours, avec une sécurité égale, une bien meilleure rémunération à leurs capitaux. C'est ainsi que des capitaux fournissent encore, avec toute la sécurité possible, même dans le moment de dépression générale des taux de placement que nous traversons, des revenus de 3 et même 3.5 p. 100 à de grands capitalistes, tandis qu'une forêt aménagée en vue de produire de gros arbres, à des âges de 150 ou 200 ans, ne fournira que 1/2 à 1 1/2 p. 100, parfois moins encore, du capital engagé.

Il y a là un fait qui domine toute l'étude du fonctionnement financier des exploitations forestières : la production des gros bois ne rémunère que très faiblement les capitaux qu'on y emploie. Cette vérité si simple, qui découle immédiatement de ce que la récolte en gros arbres met deux siècles à mûrir, a été trop souvent méconnue, bien qu'il semble qu'il suffise d'un moment de réflexion pour s'en convaincre. Elle justifie et commande l'existence de forêts domaniales dans un grand pays civilisé : la production des gros bois est aussi indispensable, dans l'état actuel de nos sociétés, que celle du sucre ou des tissus de coton, et comme elle est nécessairement onéreuse pour le producteur, c'est un devoir impérieux pour l'État de s'en charger[1].

---

1. Les forêts de l'État français, dont la valeur est estimée à 1,262,000,000 fr. (Loi de finances du 29 décembre 1873), ne rapportent guère, net, plus de 17 à 20 millions de francs depuis une dizaine d'années ; d'après ces bases, le taux de placement serait inférieur à 2 p. 100. Ce fait, dont des ignorants ou des gens malveillants et parfois intéressés ont voulu faire un argument contre la propriété domaniale, est au contraire sa plus éclatante justification ! Que sont devenues, entre les mains des propriétaires particuliers, les forêts domaniales aliénées depuis la Révolution, pour quelle part contribuent-elles à la production des gros bois, celle qui est d'intérêt public ?

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

FORMATION DU VOLUME DES ARBRES ET DES PEUPLEMENTS

CHAPITRE PREMIER

LE DÉVELOPPEMENT DES ARBRES

§ 1er. — *Généralités.*

§ 2. — *Analyses de tiges.*

§ 3. — *Tracés graphiques. — Accroissements annuels et moyens.*

§ 4. — *Recherche des lois de l'accroissement.*

§ 5. — *Les lois de l'accroissement en hauteur des arbres.*

§ 6. — *L'accroissement transversal des arbres à hauteur d'homme.*

§ 7. — *La forme des tiges d'arbres.*

§ 8. — *Les accroissements du volume des arbres.*

§ 9. — *Les coefficients de forme et les tarifs de cubage.*

§ 10. — *Le taux d'accroissement du volume.*

CHAPITRE II

LE DÉVELOPPEMENT DES PEUPLEMENTS

§ 1er. — *Généralités.*

§ 2. — *Conséquences diverses de la diminution du nombre des tiges.*

§ 3. — *Recherche des lois de la croissance des peuplements. Tables de production.*

§ 4. — *Le nombre de tiges à l'hectare.*

§ 5. — *La hauteur et le diamètre moyens des peuplements.*

§ 6. — *La surface terrière à l'hectare.*

§ 7. — *Accroissements et taux d'accroissement du volume des peuplements.*

§ 8. — *Influence des éclaircies sur la végétation des peuplements.*

CHAPITRE III

LA PRODUCTION EN MATIÈRE

§ 1er. — *Les produits intermédiaires.*

§ 2. — *Production en matière.*

§ 3. — *Influence des éclaircies sur la production en matière.*

DEUXIÈME PARTIE

FORMATION DE LA VALEUR DES ARBRES ET DES PEUPLEMENTS

§ 1er. — *Généralités.*

§ 2. — *Variation du prix du mètre cube, suivant le diamètre des pièces.*

§ 3. — *Répartition naturelle du volume entre les différentes parties des arbres. — Coefficients d'empilage.*

§ 4. — *Répartition commerciale du volume en catégories de marchandises.*

§ 5. — *La valeur des peuplements.*

§ 6. — *Le taux de placement des exploitations aménagées en futaie pleine.*



Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie.

Nancy, imprimerie Berger-Levrault et Cie.